Évolution du trafic maritime en provenance de l'étranger dans le Saint-Laurent de 1978 à 1996 et implications pour les risques d'introduction d'espèces aquatiques non indigènes

Myriam Bourgeois[1], Michel Gilbert[1], et Brigitte Cusson[2]

[1] Direction régionale des océans et de l'environnement
Pêches et Océans Canada
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, 850 Route de la Mer
Mont-Joli, Québec
Canada G5H 3Z4

[2] Direction de la conservation de l'environnement
Environnement Canada
Centre Saint-Laurent
105 rue McGill, 7ème étage
Montréal, Québec
Canada H2Y 2E7

2001

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2338

Fisheries and Oceans Pêches et Océans

Canada

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques

Les rapports techniques contiennent des renseignements scientifiques et techniques qui constituent une contribution aux connaissances actuelles, mais qui ne sont pas normalement appropriés pour la publication dans un journal scientifique. Les rapports techniques sont destinés essentiellement à un public international et ils sont distribués à cet échelon. Il n'y a aucune restriction quant au sujet; de fait, la série reflète la vaste gamme des intérêts et des politiques du ministère des Pêches et des Océans, c'est-à-dire les sciences halieutiques et aquatiques.

Les rapports techniques peuvent être cités comme des publications intégrales. Le titre exact paraît au-dessus du résumé de chaque rapport. Les rapports techniques sont indexés dans la base de données *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts*.

Les numéros 1 à 456 de cette série ont été publiés à titre de rapports techniques de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada. Les numéros 457 à 714 sont parus à titre de rapports techniques de la Direction générale de la recherche et du développement, Service des pêches et de la mer, ministère de l'Environnement. Les numéros 715 à 924 ont été publiés à titre de rapports techniques du Service des pêches et de la mer, ministère des Pêches et de l'Environnement. Le nom actuel de la série a été établi lors de la parution du numéro 925.

Les rapports techniques sont produits à l'échelon régional, mais numérotés à l'échelon national. Les demandes de rapports seront satisfaites par l'établissement d'origine dont le nom figure sur la couverture et la page du titre. Les rapports épuisés seront fournis contre rétribution par des agents commerciaux.

Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences

Technical reports contain scientific and technical information that contribute to existing knowledge but that are not normally appropriate for primary literature. Technical reports are directed primarily toward a worldwide audience and have an international distribution. No restriction is placed on subject matter, and the series reflects the broad interests and policies of the Department of Fisheries and Oceans, namely, fisheries and aquatic sciences.

Technical reports may be cited as full publications. The correct citation appears above the abstract of each report. Each report is indexed in the data base *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts*.

Numbers 1-456 in this series were issued as Technical Reports of the Fisheries Research Board of Canada. Numbers 457-714 were issued as Department of the Environment, Fisheries and Marine Service, Research and Development Directorate Technical Reports. Numbers 715-924 were issued as Department of Fisheries and the Environment, Fisheries and Marine Service Technical Reports. The current series name was changed with report number 925.

Technical reports are produced regionally but are numbered nationally. Requests for individual reports will be filled by the issuing establishment listed on the front cover and title page. Out-of-stock reports will be supplied for a fee by commercial agents.

Rapport technique canadien des
sciences halieutiques et aquatiques 2338

2001

Évolution du trafic maritime en provenance de l'étranger dans le Saint-Laurent de 1978 à 1996 et implications pour les risques d'introduction d'espèces aquatiques non indigènes

Myriam Bourgeois[1], Michel Gilbert[1], et Brigitte Cusson[2]

[1] Direction régionale des océans et de l'environnement
Pêches et Océans Canada
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, 850 Route de la Mer
Mont-Joli, Québec
Canada G5H 3Z4

[2] Direction de la conservation de l'environnement
Environnement Canada
Centre Saint-Laurent
105 rue McGill, 7ème étage
Montréal, Québec
Canada H2Y 2E7

© Ministre des Travaux publics et Services gouvernementaux Canada 2001
No. de Cat. Fs 97-6/2338F ISSN 0706-6570

On devra référer comme suit à cette publication :

Bourgeois, M., M. Gilbert, et B. Cusson. 2001. Évolution du trafic maritime en provenance de l'étranger dans le Saint-Laurent de 1978 à 1996 et implications pour les risques d'introduction d'espèces aquatiques non indigènes. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2338 : viii + 34 p.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX iv
LISTE DES FIGURES v
RÉSUMÉ vii
ABSTRACT viii
1.0 INTRODUCTION 1
1.1 Problématique 1
1.2 Réglementation, contrôle et conformité des navires 2
1.3 Le cadre de la présente étude 4
2.0 MÉTHODOLOGIE 5
2.1 Sélection et acquisition des données 5
2.2 Divisions géographiques 6
2.3 Ports et pays d'origine 6
2.4 Transport de lest et de cargaison 7
3.0 RÉSULTATS 8
3.1 Portrait général du trafic maritime étranger à destination du système Saint-Laurent/Grands Lacs 8
3.1.1 Arrivées de navires et capacité de transport de lest 8
3.1.2 Régions et pays d'origine 9
3.1.3 L'importation des eaux de lest 11
3.2 Les tendances générales du trafic maritime étranger vers le Saint-Laurent marin 11
3.2.1 Arrivées de navires et capacité de transport de lest 11
3.2.2 Le trafic à destination des différentes régions du Saint-Laurent marin 12
3.2.3 L'importation des eaux de lest 15
3.3 Les tendances générales du trafic maritime étranger vers le Saint-Laurent fluvial 18
3.3.1 Arrivées de navires et capacité de transport de lest 18
3.3.2 Le trafic à destination des différentes régions du Saint-Laurent fluvial 18
3.3.3 L'importation d'eaux de lest 21
3.4 Le cas particulier du Saguenay 24
4.0 DISCUSSION 24
4.1 La consignation des renseignements relatifs au trafic maritime étranger dans le Saint-Laurent 24
4.2 La flotte de navires étrangers à destination du système Saint-Laurent/Grands Lacs : situation et évolution générale 25
4.3 Les routes maritimes empruntées par les navires en provenance de l'étranger 27
4.4 Les navires à destination du Saint-Laurent marin et du Saint-Laurent fluvial 28
5.0 CONCLUSION 30
6.0 REMERCIEMENTS 31
7.0 RÉFÉRENCES 32

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Statistiques descriptives et tendances temporelles observées concernant les arrivées de navires étrangers à destination du Saint-Laurent de 1978 à 1996 9

Tableau 2. Statistiques descriptives concernant les arrivées de navires étrangers à destination de ports d'eau salée situés dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent de 1978 à 1996 13

Tableau 3. Statistiques descriptives concernant les arrivées de navires étrangers à destination de ports en eau douce du Saint-Laurent fluvial de 1978 à 1996 19

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Aires d'application des « Lignes directrices facultatives pour le contrôle du déchargement du lest liquide des navires se dirigeant vers les Grands Lacs » dans le Saint-Laurent et délimitation des différentes zones considérées pour la présente étude 2

Figure 2. Régions telles que divisées par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (régions OAA) 7

Figure 3. Régressions de la quantité de lest transportée en fonction du tonnage du navire pour les navires transportant exclusivement du lest (sur lest), ceux transportant du lest en plus de leur cargaison (en charge), ceux transportant leur cargaison plus une quantité résiduelle de lest (en charge, sans lest) 8

Figure 4 Fréquence des arrivées (A) et capacité de transport d'eau de lest (B) des navires en provenance de l'étranger à destination du Saint-Laurent et des Grands Lacs de 1978 à 1996 10

Figure 5. Fréquence des arrivées des navires en provenance des différentes régions OAA (divisées par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture) à destination des ports du Saint-Laurent et des Grands Lacs 10

Figure 6. Fréquence relative des arrivées de navires en provenance de pays situés dans les principales régions OAA (divisées par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture) (A), et fréquence relative et absolue des arrivées en provenance des principaux pays situés dans les régions OAA de contribution mineure (B), à destination du Saint-Laurent, du Saguenay et des Grands Lacs de 1986 à 1996 11

Figure 7. Fréquence des arrivées de navires étrangers en provenance des différentes régions OAA (divisées par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture) à destination de ports de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent de 1978 à 1996 12

Figure 8. Fréquence des arrivées et capacité de transport d'eau de lest des navires en provenance de l'étranger à destination des différentes régions et principaux ports de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent de 1978 à 1996 14

Figure 9. Fréquence des arrivées de navires en provenance des différentes régions OAA (divisées par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture) présentant des tendances selon les régions de destination dans le Saint-Laurent marin de 1978 à 1996 15

Figure 10. Pourcentage de navires de provenance étrangère se déclarant sur lest, en charge ou en charge sans lest aux différents ports du Saint-Laurent marin et moyenne des arrivées entre 1994 et 1996 16

Figure 11. Quantité moyenne annuelle et origine des eaux de lest transportées par les navires en provenance de l'étranger à leur arrivée dans les ports des différentes régions de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent entre 1994 et 1996 17

Figure 12. Fréquence des arrivées (A) et capacité de transport d'eau de lest (B) des navires de provenance étrangère à destination des ports d'eau douce du Saint-Laurent fluvial de 1978 à 1996 20

Figure 13. Fréquence des arrivées de navires en provenance des différentes régions OAA (divisées par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture) à destination du tronçon fluvial (A) et de l'estuaire fluvial (B) du Saint-Laurent de 1978 à 1996 21

Figure 14. Fréquence relative à la totalité des arrivées de navires, en provenance des principaux pays d'origine et à destination (A) du tronçon fluvial (TF) et (B) de l'estuaire fluvial (EF), de 1986 à 1996 21

Figure 15. Pourcentage de navires de provenance étrangère se déclarant sur lest, en charge et en charge sans lest aux différents ports du Saint-Laurent fluvial et moyenne des arrivées entre 1978 et 1996 22

Figure 16. Quantité de lest transporté vers les régions du Saint-Laurent fluvial et répartition des proportions selon les différentes régions OAA (divisées par l'organisation de Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture) de provenance des navires entre 1994 et 1996 23

101-02804/

RÉSUMÉ

Bourgeois, M., M. Gilbert, et B. Cusson. 2001. Évolution du trafic maritime en provenance de l'étranger dans le Saint-Laurent de 1978 à 1996 et implications pour les risques d'introduction d'espèces aquatiques non indigènes. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2338 : viii + 34 p.

Le trafic maritime en provenance de l'étranger et à destination des ports en eaux douces et marines du fleuve, de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent a été analysé à partir de données tirées de la base ECAREG-VTS (Eastern Canada Region – Vessel Trafic Service) de Transport Canada, dans le but d'en déterminer le patron et l'évolution depuis 1978. Quelques tendances temporelles ont pu être décelées. La principale tendance concerne la capacité de transport des eaux de lest qui, pour l'ensemble de la flotte, atteint environ 30 Mt en 1996, soit environ deux fois la valeur de 1978. Cette augmentation est essentiellement liée à la taille des navires. Les routes commerciales maritimes les moins empruntées (marginales), qui en outre exigent de longs transits, ont vu leur fréquentation augmenter de 7 % à 12 % du trafic total entre 1978 et 1996, la hausse s'étant effectuée principalement au cours des dernières années de l'étude. Depuis 1978, une trentaine de pays se sont ajoutés à la liste des 137 pays de provenance des navires. En terme de trafic maritime étranger, la région portuaire de Montréal reste la plus fréquentée de tout le système Saint-Laurent/Grands Lacs avec une moyenne de 735 entrées annuelles. Les ports de Baie-Comeau, Sept-Îles et Port-Cartier reçoivent des navires étrangers transportant une quantité de lest estimée à près de 9,75 Mt, et dépassant par trois fois la quantité de lest transportée vers tous les autres ports du système Saint-Laurent/Grands Lacs. Bien que moins fréquenté, le sud du golfe connaît une croissance marquée du trafic maritime étranger entre 1978 et 1996. Le patron du trafic maritime dans le Saint-Laurent, et ses différentes tendances, sont discutés relativement aux risques d'introduction d'espèces non indigènes par le déversement des eaux de lest.

ABSTRACT

Bourgeois, M., M. Gilbert, et B. Cusson. 2001. Évolution du trafic maritime en provenance de l'étranger dans le Saint-Laurent de 1978 à 1996 et implications pour les risques d'introduction d'espèces aquatiques non indigènes. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2338 : viii + 34 p.

The maritime traffic from foreign countries bound for fresh and marine water ports of the St. Lawrence river, estuary and gulf was analyzed from the Transport Canada ECAREG-VTS (Eastern Canada Region - Vessel Traffic Service) data base, with the objective of determining its pattern and tendencies between 1978 and 1996. Some temporal trends have been detected, the most significant being the increase in the ballast capacity of the fleet, which reached *ca* 30 MT in 1996, approximately twice the 1978 value. This increase is primarily related to the ships' size. On the marginal sea routes, which require longer transits, the traffic had increased from 7 % to 12 % of the total traffic into the St. Lawrence between 1978 and 1996, with most of the increase occurring during the later years of the study. Since 1978, thirty countries have been added to the 137 found on the ships' origin list. In terms of foreign maritime traffic, Montreal Harbour is the largest of the whole St.-Lawrence/Great Lakes system, with an average of 735 annual visits. On another hand, the ports at Baie-Comeau, Sept-Iles and Port-Cartier receive annually from foreign ships a quantity of ballast water estimated at nearly 9,75 MT, exceeding by three times the quantity carried towards all the other ports of the St.-Lawrence/Great Lakes system. A marked increase in foreign traffic occured in the southern gulf between 1978 and 1996. The maritime traffic pattern in the St. Lawrence, and its various tendencies, are discussed relative to the potential risk of introducing nonindigenous species through ballast water discharges.

1.0 INTRODUCTION

1.1 Problématique

Le Saint-Laurent, avec ses 3700 km de route navigable, ouvre la route maritime la plus courte et la plus rectiligne entre l'intérieur du continent Nord-Américain et l'Europe, la principale destination pour les échanges commerciaux par mer dans l'est du Canada. La valeur commerciale du Saint-Laurent est évaluée à au moins 18,4 milliards de dollars par année, alors qu'il possède une richesse naturelle remarquable protégée par maints parcs et réserves (Anonyme 1995).

Trois mille espèces végétales, animales et de microorganismes voyagent quotidiennement dans les ballasts des navires (Carlton et Geller 1993 , Bolsch et Hallegraeff 1991, McCarthy et Khambaty 1994). Ces navires sont devenus les vecteurs les plus efficaces et les plus probables de propagation d'espèces aquatiques non indigènes (Couper 1983, Carlton 1996a). En amont du Saint-Laurent, les Grands Lacs ont une histoire chargée en ce qui a trait aux espèces introduites. On y compte au moins 140 espèces exotiques établies dont la littérature existante permet de retracer les introductions depuis 1830. À peu près le tiers de ces espèces ont été introduites depuis l'ouverture de la Voie maritime (Mills *et al.* 1993; Zaranko *et al.* 1997). Malgré l'instauration de contrôles sévères du déchargement des eaux de lest dans les Grands Lacs (voir section 1.2), la colonisation de nouvelles aires des Grands Lacs par des espèces exotiques envahissantes comme la Moule zébrée (*Dreissena polymorpha*) ou la grémille (*Gymnocephalus cernua*) se poursuit. Rien n'a également contré l'établissement de l'escargot *Potamopyrgus antipodarum*, comme l'avaient prédit Carlton *et al.* (1995). Sa distribution en deux points chauds du trafic maritime du lac Ontario permet même de croire à des introductions séparées (Zaranko *et al.* 1997) comme dans le cas de la Puce d'eau (*Eubosmina coregoni*) (Demelo et Hebert 1994).

Aucune introduction aux conséquences notables ou directement attribuable au transport de lest n'est documentée à l'heure actuelle pour le Saint-Laurent marin. Les espèces non indigènes qui y sont répertoriées sont une sous-espèce de l'algue *Codium fragile* identifiée dans le sud du golfe en 1996 (Garbary *et al.* 1997), un bigorneau (*Littorina littorea*) dont l'introduction date du 19^{e} siècle (selon une communication personnelle de J.T. Carlton dans Harvey *et al.* 1999), ainsi que le Crabe vert (*Carcinus maenas*) dont l'occurrence dans le sud du golfe fait probablement suite à son introduction en eaux américaines (Squires 1990). Au cours de la dernière décennie, l'introduction de la Moule zébrée (*Dreissena polymorpha*) et de la Moule quagga (*Dreissena bugensis*) dans le Saint-Laurent fluvial ont particulièrement retenu l'attention (Cusson 1992, Lapierre *et al.* 1994, Cusson et de Lafontaine 1997). Des espèces exotiques dont on ne connaît pas de populations établies ont aussi été observées dans le Saint-Laurent fluvial : le Gobie à taches noires (*Neogobius melanostomus*) capturé dans la région de Québec en 1997 (Lagacé et Lapierre 1998) et le Gardon rouge (*Scardinius erythrophtalnus*) capturé dans le Lac Saint-Pierre en 1997 (Lapierre 1998). Le peu de recensements et de données historiques dans le Saint-Laurent marin et fluvial ne permet pas d'exclure la possibilité d'introductions non signalées en périphérie des régions portuaires et la présence d'espèces cryptogéniques pouvant avoir été introduites dans les eaux de lest. Par exemple, il reste impossible de dire si les premières mentions de l'algue toxique *Alexandrium ostenfeldii* en 1994 et du dinoflagellé *Ensiculifera carinata* en 1997 (Lyse Bérard-Therriault, MPO, Institut Maurice-Lamontagne, Mont-Joli, communication personnelle) relèvent de la pauvreté des recensements antérieurs ou d'introductions récentes. En général, les auteurs qui se sont penchés sur la problématique des espèces introduites dans le Saint-Laurent y évoquent la sous-estimation des espèces non indigènes (M. Harvey, MPO, Institut Maurice-

Lamontagne, Mont-Joli, communication personnelle, Reid 1994, Smith et Kerr 1992). Par ailleurs, la gravité des introductions ne peut être évaluée en fonction du nombre d'espèces introduites puisqu'une seule espèce peut causer des dommages considérables et irréversibles à l'environnement.

1.2 Réglementation, contrôle et conformité des navires

À l'instar d'un nombre restreint de pays dont l'Australie et les États-Unis, le Canada adoptait, dès 1989, des mesures incitatives volontaires à l'échange des eaux de lest en haute mer en collaboration avec les États-Unis et l'industrie maritime. Ces « Lignes directrices facultatives pour le contrôle du déchargement du lest liquide des navires se dirigeant vers les Grands Lacs » (LDFCDL) visent essentiellement la protection des Grands Lacs (Figure 1) et, comme leur titre l'indique, s'appliquent de manière volontaire.

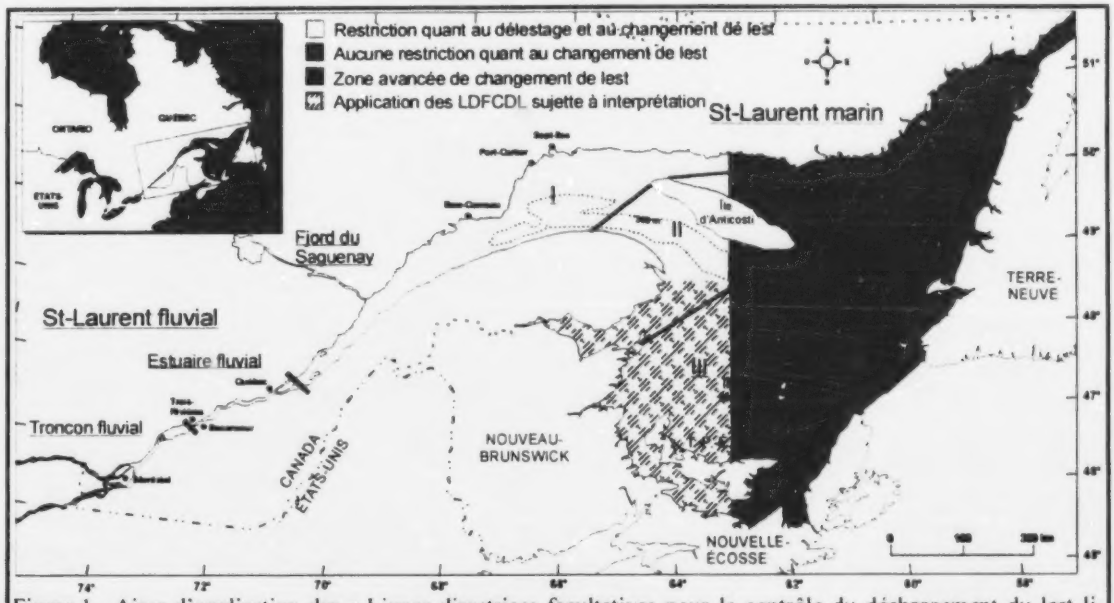

Figure 1. Aires d'application des « Lignes directrices facultatives pour le contrôle du déchargement du lest liquide des navires se dirigeant vers les Grands Lacs » dans le Saint-Laurent et délimitation des différentes zones considérées pour la présente étude.

Selon les LDFCDL, les navires en provenance d'un port étranger et se dirigeant dans le Saint-Laurent, à l'ouest du 63^{e} méridien de longitude ouest, devraient procéder à un changement de lest en haute mer, à une profondeur excédant 2000 m, hors de toute influence continentale ou dulcicole. En cas de conditions météorologiques adverses ou de stress excessif posé à la structure du navire, la région du chenal Laurentien située à l'est du 63^{e} méridien de longitude ouest, où la profondeur est supérieure à 300 m, peut servir de zone avancée d'échange de lest (Figure 1).

Bien que les LDFCDL aient été instaurées dans le but de protéger les Grands Lacs, le Saint-Laurent en tire une certaine protection étant donné les restrictions quant au délestage et au chargement de lest à l'ouest du 63^{e} méridien de longitude ouest. Ainsi, la directive touche les navires en provenance de l'étranger à destination des principaux ports de l'estuaire et du nord-ouest du golfe du Saint-Laurent soit ceux de Sept-Îles, de Baie-Comeau et de Port-Cartier. Concernant les navires à destination des ports situés dans le sud du Golfe, leur conformité aux dispositions de la

directive dépend de l'interprétation que l'on fait de la directive, à savoir si on y applique de façon stricte la réglementation touchant les navires allant à l'ouest du 63^{e} méridien de longitude ouest ou si on considère que la réglementation ne s'applique pas, le sud du golfe ne faisant pas partie de la voie maritime du Saint-Laurent. Quant aux navires à destination des ports du Golfe situés à l'est du 63^{e} méridien de longitude ouest, ils ne sont pas soumis aux LDFCDL et ne sont donc assujettis à aucune directive nationale. Toutefois, un groupe de travail national créé en 1998 sous l'égide du Conseil Consultatif Maritime Canadien (CCMC) a été mandaté pour examiner cette question et développer des lignes directrices similaires aux LDFCDL mais applicables à l'ensemble des eaux canadiennes. Ces lignes directices devaient entrer en vigueur à l'été 2000.

En ce qui a trait à la vérification de la conformité aux LDFCDL, les navires à destination des Grands Lacs sont soumis à une inspection systématique des ballasts (examens *de visu* et mesures de salinité) à Massena, dès leur entrée aux États-Unis. Certains états américains adoptaient même dès 1993 des mesures sévères incluant des restrictions d'accès et l'usage de pesticides pour circonscrire l'avancée de la Grémille dans leurs eaux. Quant aux navires étrangers à destination de ports situés dans le Saint-Laurent fluvial et marin, ceux-ci ne sont soumis qu'à un contrôle verbal de leur conformité aux LDFCDL lors de leur entrée en eaux canadiennes.

L'échange de lest en haute mer s'avère efficace à réduire la densité et le nombre des espèces dans les ballasts (Harvey *et al.* 1999, Locke *et al.* 1993, Williams *et al.* 1988). Alors que les techniques de traitement des eaux de lest restent à développer, il s'agit de la seule mesure qui réduit significativement les risques d'introduction d'espèces non indigènes lorsque effectuée tel que requis par les LDFCDL. Il semble que la seule mise en place de la directive encourage les capitaines à effectuer un changement de lest en haute mer alors que ceux qui n'y sont pas soumis délestent, dans le port d'accueil, une plus grande proportion de lest provenant du port d'origine (Harvey *et al.* 1999). Toutefois, même avec une application rigoureuse de la directive, un niveau de risque d'introduction d'espèces non indigènes subsiste puisque cette pratique laisse une quantité résiduelle de lest dans les ballasts et n'empêche pas la présence d'espèces néritiques et littorales plus tolérantes (Harvey *et al.* 1999). De plus, la conformité aux LDFCDL n'étant soumise qu'à un contrôle verbal, l'échange de lest s'avère partiel ou inexistant, même dans des cas où le capitaine rapporte un échange complet du lest (Harvey *et al.* 1999). En 1995, près de 100 % des navires à destination du Saint-Laurent marin disaient se soumettre aux LDFCDL. Sur 94 navires ayant rapporté un échange complet de leur lest, il semble que 40 % des navires n'avaient échangé que partiellement leur lest (échanges estimés : de nuls à 75 % du volume de lest) (Harvey *et al.*, 1999). Le lest des 94 navires et les sédiments de 9 de ceux-ci révélaient la présence de 381 espèces de phytoplancton et de zooplancton d'eaux douces, saumâtres ou marines, dont 60 % n'avaient jamais été répertoriées dans le Saint-Laurent. Certaines de ces espèces atteignaient des densités de 100 000 individus par mètre cube de lest (Harvey *et al.* 1999). Par ailleurs, dans la perspective où la directive protège les Grands Lacs, certains navires utilisent les eaux intérieures du golfe comme zone d'échange avancée. Cette pratique a été questionnée dans le passé étant donné les risques accrus pour le Saint-Laurent marin (Harvey *et al.* 1999). Selon une étude de Locke *et al.* (1993), 40 % des eaux de lest des navires en provenance de l'étranger et à destination des Grands Lacs proviendrait du Saint-Laurent, impliquant un changement de lest dans ses eaux. Par ailleurs, au moins 27 navires auraient déchargé du lest au port de Montréal ou en route vers les Grands Lacs en 1990 et le lest de huit d'entre eux ne rencontraient pas les exigences des LDFCDL. Des organismes non indigènes fort probablement transportés dans les ballasts mais inaptes à établir des populations viables ont été récoltés au port de Montréal lors de cette même campagne d'échantillonnage.

1.3 Le cadre de la présente étude

Pour les eaux marines, la présente étude répond aux demandes du programme global d'évaluation des risques d'introduction d'espèces exotiques nuisibles par les eaux de lest étrangères dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent. Ce programme vise à déterminer la pertinence d'établir des lignes directrices pour la protection du Saint-Laurent maritime et d'accroître le suivi des directives nationales concernant l'échange des eaux de lest. Les données analysées ne permettent pas d'évaluer les pratiques d'échange de lest, à savoir si le lest est effectivement échangé et dans quelles proportions. Harvey *et al.* (1999) ont fourni un premier portrait détaillé des pratiques liées au transport de lest incluant les temps de transit de même que l'ampleur, l'effectivité et l'efficacité du délestage pour les navires à destination des ports du Saint-Laurent marin en 1995. L'étude décrivait également la nature du lest quant à sa provenance et aux espèces qu'il contenait. En ce qui concerne le transport de lest vers les eaux douces du Saint-Laurent, Gauthier et Steel (1996) indiquent succinctement les quantités estimées de lest étranger transporté aux ports de Québec et du centre du Canada (Montréal et les Grands Lacs indistinctement) en 1991, dans le cadre d'une revue de la situation canadienne concernant le transport d'eaux de lest.

Considérant que les mesures actuelles pourraient être avantageusement renforcées afin de réduire les risques d'introduction d'espèces non indigènes dans le Saint-Laurent fluvial et particulièrement dans le Saint-Laurent marin, et considérant que les navires à destination du Saint-Laurent transportent des espèces non indigènes viables et que certaines d'entre elles peuvent avoir un impact négatif non négligeable sur l'environnement et l'économie du Saint-Laurent, il est impératif de recueillir des données détaillées concernant le trafic maritime à destination des ports du fleuve, de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent de même que sur ses tendances afin de documenter l'évolution des risques d'introduction d'espèces non indigènes.

Il est permis de penser que l'industrie maritime mondiale et canadienne suit les tendances actuelles des marchés. La croissance et la diversification des économies, le soutien à l'exportation et la compétitivité accrue sont autant de facteurs qui laissent penser que les liens maritimes pourraient s'intensifier (tonnage et fréquence d'entrées des navires) et se diversifier (pays d'origine). Il est difficile de quantifier les risques associés au transport de lest. Cependant, l'étude des tendances temporelles du trafic maritime étranger à destination du Saint-Laurent peut évoquer une croissance des risques dans les cas :

1) d'une augmentation de la capacité de transport de lest qui est fonction du tonnage des navires et de leur fréquence d'entrées, alors que la densité des organismes ne change pas en fonction du tonnage (Harvey *et al.* 1999). Une augmentation de la capacité de transport de lest des navires indique alors une augmentation du nombre d'organismes inoculés, ce qui peut accroître leur potentiel de survie et de reproduction ;
2) d'une augmentation de la fréquence d'entrée des navires qui indique une augmentation de la fréquence d'inoculation des organismes ;
3) de la modification, même ponctuelle, des liens maritimes qui a déjà été associée à l'introduction d'espèces aquatiques non indigènes (Carlton 1996b) ;
4) des temps de transit plus courts qui favorisent le taux de survie des organismes dans les ballasts (Williams *et al.* 1988).

La présente étude à laquelle collaborent les ministères canadiens de l'Environnement et des Pêches et des Océans vise à évaluer l'évolution des risques d'introductions d'espèces exotiques

dans les eaux marines et les eaux douces du Saint-Laurent à partir d'une analyse de l'évolution du trafic maritime étranger de 1978 à 1996. Considérant l'existence possible d'un délai de quinze à vingt ans entre la modification des risques d'introduction et une introduction comme telle, la période étudiée couvre celle impliquant des risques actuels d'introduction (Carlton 1996b). Plus spécifiquement, les données du service de trafic maritime (STM), compilées depuis 1978, permettent de vérifier les tendances principalement dans le tonnage des navires et la capacité totale de transport du lest, dans le nombre d'entrées de navires aux différents ports et dans l'origine des voyages. Des données sur les temps de transit auraient complété favorablement le travail mais ces données ne sont pas recensées par la banque du STM.

Ainsi, le présent travail fournit les premières données mettant en relief les variations interannuelles du trafic maritime étranger à destination du fleuve, de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent et leurs implications quant aux risques d'introduction d'espèces exotiques depuis 1978.

2.0 MÉTHODOLOGIE

2.1 Sélection et acquisition des données

Le STM de la région de l'est du Canada compile annuellement, depuis 1976, des informations sur le trafic maritime à destination des ports d'eau douce et d'eau salée du Saint-Laurent.

Pour la présente étude, les fichiers de la base de données fournissent pour les années 1978 à 1996, les variables suivantes associées **A) au navire**: 1) nom, 2) type, 3) jauge brute (tonnage); **B) au voyage**: 4) numéro du voyage, 5) date prévue d'arrivée à un port du Saint-Laurent ou des Grands Lacs, 6) pays d'origine du voyage, 7) port de destination dans le Saint-Laurent ou les Grands Lacs; et **C) au statut du navire**: 8) s'il y a présence (oui) ou absence de lest à bord (non) 9) description de la cargaison (le navire se rapportant sur lest ou en charge). Des rapports succincts concernant la conformité aux LDFCDL de même que la quantité de lest transportée, annotés dans les fichiers, ont également été acquis. L'information relative à la présence ou à l'absence de lest à bord (item 8) reste impossible à interpréter, sa signification ayant été mal définie lors de la consignation. Le fichier historique de 1976 était incomplet alors que celui de 1977 a été détruit. La section 2.4 traite plus amplement du calcul du lest transporté et de la distinction de trois catégories de transport: les navires étant sur lest, en charge ou en charge sans lest.

En 1995, des questionnaires ont été acheminés à un échantillon de 200 navires dans le but de compléter les observations de la banque du STM. Les renseignements supplémentaires obtenus ont trait à la quantité d'eau de lest à bord et au dernier port visité en pays étranger. Dans le cas particulier du Saguenay, il n'existe aucune donnée antérieure à 1986 dans les fichiers historiques du STM. Ainsi, des données complémentaires sur les mouvements de navires et les ports de destination dans le Saguenay ont été tirées des rapports annuels de Ports Canada.

Les variables de la banque de données du STM ont été acquises et traitées à l'aide du progiciel SAS©. Les sous-fichiers créés groupent les observations selon la localisation du port de destination dans l'une ou l'autre des régions géographiques suivantes : 1) la région des Grands Lacs (GL), à l'ouest de Cornwall; 2) la région du Saint-Laurent fluvial (SF), à l'ouest de la pointe est

de l'Île d'Orléans; 3) la région du Saguenay; et 4) la région du Saint-Laurent marin (SM) comprenant le golfe et l'estuaire jusqu'à la pointe est de l'Île d'Orléans.

Seules les observations comportant les caractéristiques suivantes font partie des sous-fichiers: les navires 1) de 500 tonneaux et plus; 2) de types vraquier, marchand général et citerne; 3) en direction d'une destination connue du Saint-Laurent; et 4) provenant de pays étrangers. Moins de 3 % des observations annuelles n'ont pas été retenues à cause d'informations erronées concernant le port de destination.

2.2 Divisions géographiques

Pour les besoins de la présente étude, le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent ont été divisés en quatre sous-régions (Figure 1), à partir de critères économiques (regroupement des différentes concentrations portuaires) (Harvey *et al.* 1999). La sous-région I comprend l'estuaire et le nord-ouest du golfe, la sous-région II inclue la péninsule de Gaspé et la baie des Chaleurs, la sous-région III couvre le sud du golfe, alors que le nord-est du golfe est compris dans la sous-région IV.

Selon les mêmes critères et selon les divisions proposées dans l'Atlas environnemental du Saint-Laurent (Anonyme 1995), le Saint-Laurent fluvial en territoire québécois comporte deux sous-régions : 1) le tronçon fluvial – de Cornwall (Ontario) à Pointe-du-Lac (limite est du lac Saint-Pierre) – où se situent les ports des régions de Montréal, Québec et Trois-Rivières de même que ceux de Valleyfield, Contrecoeur, Sorel, Tracy, Grondines, et Portneuf. 2) l'estuaire fluvial – de Pointe-du-Lac à la pointe est de l'Île d'Orléans – avec les ports de Cacouna, Les Escoumins, Baie-Comeau, Port-Cartier, Sept-Îles, Gaspé, Chandler, Dalhousie, Belledune, Newcastle, Summerside, Pugwash, Charlottetown, Stephenville et Cornerbrook. Les principales régions portuaires, soient celles incluant les ports de la région de Québec (Québec, Lévis, Lauzon, Saint-Romuald), de Trois-Rivières (Trois-Rivières et Bécancour) et de Montréal (Côte Sainte-Catherine et Montréal) sont aussi traitées distinctement.

2.3 Ports et pays d'origine

Les pays d'origine des navires ont été classés selon leur localisation dans l'une ou l'autre des régions décrites par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (OAA; Figure 2). Dans les faits, la région OAA ou le pays d'origine ne reflètent pas toujours fidèlement l'origine du lest transporté. Ainsi, le classement en régions OAA d'origine plutôt qu'en pays d'origine augmente la fiabilité de l'information quant à la provenance du lest transporté. Il faut cependant noter que le lest transporté peut être échangé en tout ou en partie selon les recommandations de l'Organisation Maritime Internationale (OMI) alors que les informations fournies par la banque du STM ne permettent pas de discriminer les proportions de lest échangé.

Les renseignements sur la provenance des navires fournis par la banque du STM réfèrent au pays où les navires ont fait leur dernière escale. Dans certains cas, les ports du dernier pays visité se situent dans plus d'une région OAA. Les questionnaires distribués en 1995 (voir la section 2.1) procurent un supplément d'informations à ce titre. Les navires y identifient leur dernier port d'origine, ce qui permet de déterminer quels pourcentages des voyages en provenance d'un pays donné proviennent des différentes régions OAA qui bordent ce pays. Les voyages en pro-

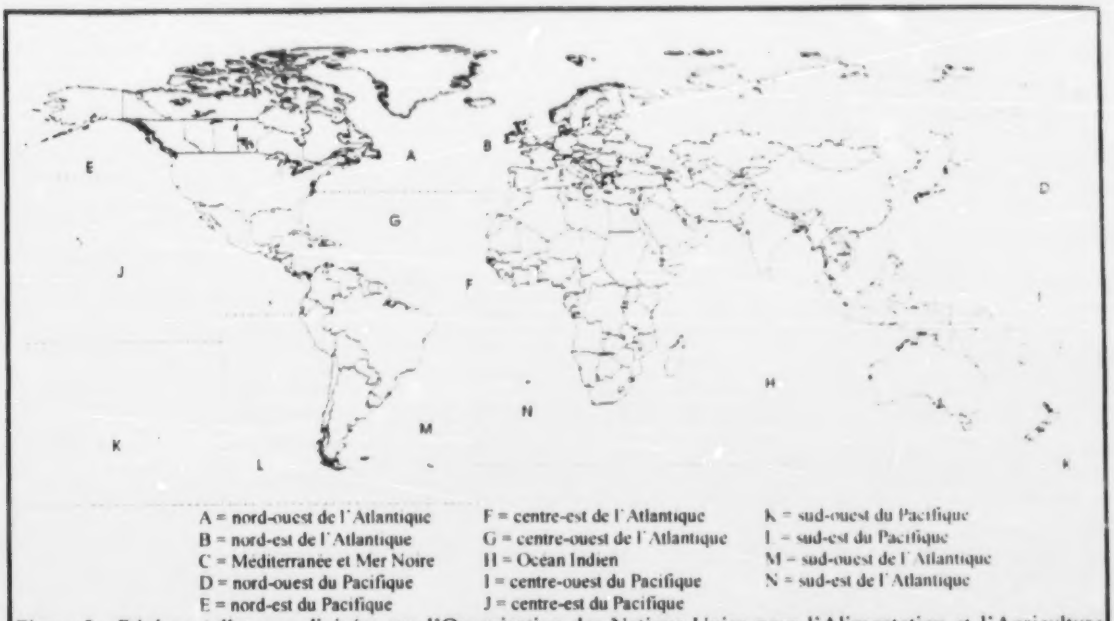

Figure 2. Régions telles que divisées par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (régions OAA).

venance de pays ayant des ports dans plus d'une région OAA se partagent donc aléatoirement ainsi: 1) France: 9 % en région C et 91 % en région B. 2) États-Unis: 45 % en région G et 55 % en région A. 3) Maroc: 25 % en région C et 75 % en région F. 4) Espagne: 44 % en région C et 56 % en région B. Certains pays d'origine n'apparaissent pas sur les questionnaires et ont des côtes dans plus d'une région OAA. Leurs ports d'origine se situent selon le classement suivant: Groenland = A. Australie = H. Colombie, Costa Rica et Honduras = G. Panama, Équateur et Guatemala = J. Afrique du sud = N. Russie, Égypte, Israël = C. Les ports d'Iran, d'Arabie Saoudite, du Qatar et de Dubayy sont groupés dans le golfe Persique alors que celui de la Jordanie se situe dans la mer Rouge.

2.4 Transport de lest et de cargaison

La banque du STM décrit le type de charge transportée, indiquant qu'il s'agit de lest lorsqu'il n'y a pas de charge à bord. Le rapport sur le statut du navire de la banque du STM et les questionnaires distribués en 1995 fournissent des informations complémentaires sur la quantité de lest à bord. Dans certains cas la banque du STM recense des informations sur les pratiques d'échange de lest, comme le lieu et la profondeur minimale où le lest a été pris ou échangé. Bien que ces données ne soient pas consignées systématiquement, elles permettent de vérifier la localisation des échanges de lest et de cerner quelques cas de dérogations aux LDFCDL.

D'après les données recueillies dans les questionnaires de 1995 et traitées par Harvey *et al.* (1999), la capacité de transport de lest est directement proportionnelle au tonnage du navire pour les navires de type marchand général ($r^2 = 0,73$; $p < 0,001$; $n = 39$) et vraquier ($r^2 = 0,86$; $p < 0,001$; $n = 308$). Il est impossible d'obtenir une telle régression pour les navires de type citerne en raison du faible nombre de données disponibles. Une moyenne a donc été utilisée dans ce cas mais elle demeure cependant conservatrice, puisqu'elle représente moins de 50% de la quantité de lest généralement transportée par un navire citerne selon les registres de la Lloyd's.

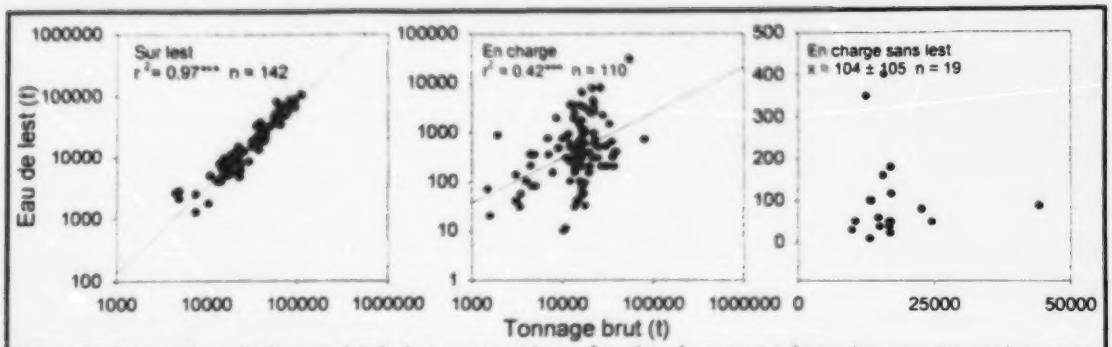

Figure 3. Régressions de la quantité de lest transportée en fonction du tonnage du navire pour les navires transportant exclusivement du lest (sur lest), ceux transportant du lest en plus de leur cargaison (en charge), ceux transportant leur cargaison plus une quantité résiduelle de lest (en charge, sans lest). *** $p < 0,001$

Pour le transport de lest, des équations tirées de régressions significatives entre le tonnage du navire et la quantité de lest transportée (d'après le rapport sur le statut et les questionnaires de 1995; Figure 3) ont été utilisées pour déterminer la quantité de lest transportée par les navires qui se déclaraient sur lest (transport exclusif de lest : $r^2 = 0,97$; $p < 0,001$; $n = 142$) ou en charge (transport de cargaison : $r^2 = 0,42$; $p < 0,001$; $n = 110$). Lorsque le navire se déclarait en charge et sans lest, le navire transportait un minimum de lest résiduel. Une moyenne de 104 t ($n = 19$) tirée des rapports sur le statut du navire a été utilisée pour représenter la quantité d'eaux résiduelles d'un navire qui se déclarait sans lest (Figure 3).

3.0 RÉSULTATS

3.1 Portrait général du trafic maritime étranger à destination du système Saint-Laurent/Grands Lacs

3.1.1 Arrivées de navires et capacité de transport de lest

Depuis 1978, le Saint-Laurent accueille annuellement une moyenne de 1972 navires en provenance de l'étranger (Tableau 1). Quatre-vingt-sept pour cent de ces navires se dirigent vers un port du Saint-Laurent et 13 % vers un port des Grands Lacs. Plus de 50 % des navires choisissent un port du Saint-Laurent fluvial (SF) et 34 % un port du Saint-Laurent marin (SM). Les navires de type vraquier dominent avec 52 % d'entrées et ceux de type marchand général suivent avec 38 %. L'analyse de la tendance temporelle révèle que le nombre d'arrivées de vraquiers serait en augmentation alors que celui des arrivées de marchands généraux diminuerait depuis 1978 (Tableau 1). Cependant, lorsque analysée selon les régions, cette tendance ne subsiste que pour les navires de type vraquier dans le SF. Le tonnage moyen des navires, très variable selon les régions visitées (voir les sections subséquentes), atteint près de 21 000 t et montre une tendance significative à la hausse depuis 1978. La capacité de transport de lest pour la flotte fréquentant le Saint-Laurent et les Grands Lacs varie également selon les régions étudiées, et représente 28,7 Mt par an. Cette capacité se répartit ainsi: 38 % et 54 % vers le SF et le SM respectivement et seulement 8 % à destination des Grands Lacs. Seule la région du fleuve Saint-Laurent semble assujettie à une tendance à la hausse de la capacité de transport de lest. Le transport maritime est relativement stable entre le printemps et l'automne mais est pratiquement réduit de 50 % en hiver, bien qu'on observe une croissance significative pour cette saison depuis 1978 (Tableau 1).

Tableau 1. Statistiques descriptives et tendances temporelles observées concernant les arrivées de navires étrangers à destination du Saint-Laurent de 1978 à 1996.

	Fréquence des arrivées		Évolution
	moyenne(n / an ± é.-t.)	relative(%)	temporelle (r_s)[1]
Total	1972 ± 140	100	ns
Destination			
Grands Lacs	249 ± 39	13	ns
Saint-Laurent fluvial	1049 ± 104	53	ns
Saint-Laurent marin	674 ± 75	34	ns
Type de navire			
marchand général	740 ± 75	38	-0.66**
citerne	210 ± 44	11	0.54*
vraquier	1022 ± 141	52	0.63**
Saison			
hiver	256 ± 43	13	0.70**
printemps	559 ± 53	28	ns
été	560 ± 40	28	ns
automne	597 ± 42	30	0.48*
Région OAA d'origine			
Atlantique Nord-Ouest (A)	213 ± 38	11	0.47*
Atlantique Nord-Est (B)	1003 ± 91	52	ns
Mer Méditerranée (C)	220 ± 39	11	ns
Atlantique Centre-Ouest (G)	347 ± 56	18	ns
Autres régions	130 ± 27	7	0.69**
Tonnage brut (t)	20 743 ± 2762	100	0.81***
Capacité de transport de lest[2] (Mt)			
Total	28.7 ± 4.7	100	0.66**
Grands Lacs	2.3 ± 0.5	8	ns
Saint-Laurent fluvial	10.8 ± 2.3	38	0.69**
Saint-Laurent marin	15.6 ± 2.8	54	ns

*** $p \leq 0.001$, ** $p \leq 0.01$, * $p \leq 0.05$, ns: non significatif, na: ne s'applique pas

[1] la tendance temporelle est illustrée par la corrélation de rang de Spearman (r_s).

[2] capacité de transport de lest.

Outre la hausse des fréquences d'arrivées observée de 1978 à 1979 dans le SM, la fréquence des arrivées de navires pour toutes les régions du système Saint-Laurent/Grands Lacs est demeurée relativement stable depuis 1979 (Figure 4). Les capacités de transport de lest se sont maintenues autour de 30 Mt/an entre 1981 et 1996 mais sont passées du simple au double de 1978 à 1981. Cette hausse est particulièrement importante pour le Saint-Laurent marin de 1978 à 1981. À long terme, la capacité de transport de lest y reste cependant stable à environ 15 Mt par année (Figure 4). Dans le SF, où les fréquences d'arrivées sont presque deux fois plus élevées que dans le SM, la capacité de transport de lest affiche une hausse constante et significative jusqu'à des valeurs annuelles d'environ 12 Mt atteintes en 1986 (Figure 4). Les navires à destination des Grands Lacs ont une capacité de transport de lest qui est demeurée relativement stable depuis 1978 et inférieure à 3 Mt (Figure 4).

3.1.2 Régions et pays d'origine

Les navires à destination du Saint-Laurent proviennent de ports situés dans 137 pays dont 21 sont qualifiés de communs (plus de 15 arrivées annuelles) et 20 d'occasionnels (5 à 15 arrivées annuelles). En termes de régions d'origine, plus de 50 % des navires proviennent du nord-est de l'Europe (région B) (Tableau 1, Figure 5). Les autres principales routes commerciales impliquent les pays du centre ouest de l'Atlantique (région G : environ 20 % des arrivées de navires), le nord-ouest de l'Atlantique et la région Méditerranée – Mer Noire (régions A et C : près de 10 % des arrivées de navires pour chacune). Enfin, 7 % des arrivées annuelles proviennent de routes maritimes marginales (autres régions OAA). Quant aux tendances observées depuis 1978 (Tableau 1), une hausse signi-ficative ($r_s = 0{,}47$; $p \leq 0{,}05$) apparaît pour les arrivées en provenance du nord-ouest de l'Atlantique (A). Cette hausse serait principalement associée aux dix premières années de l'étude, puisque les arrivées affichent une légère baisse de 1988 à 1996

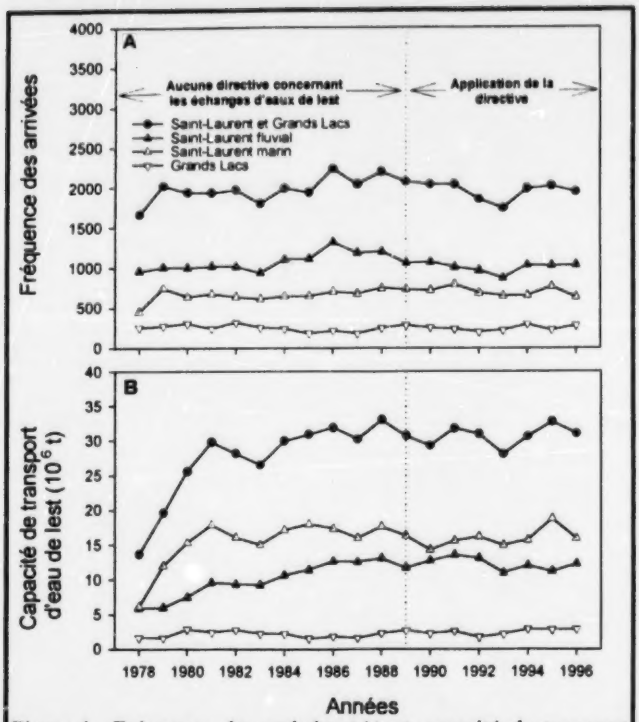

Figure 4 Fréquence des arrivées (A) et capacité de transport d'eau de lest (B) des navires en provenance de l'étranger à destination du Saint-Laurent et des Grands Lacs de 1978 à 1996. La ligne pointillée illustre l'année de mise en vigueur des « Lignes directrices facultatives pour le contrôle du déchargement du lest liquide des navires se dirigeant vers les Grands Lacs ».

(Figure 5). Les navires provenant de routes maritimes marginales présentent une augmentation de fréquence hautement significative ($r_s = 0,69$; $p \leq 0,01$) pour un nombre restreint d'entrées annuelles (en moyenne 130 navires). Cette dernière augmentation se produit surtout dans les six dernières années de l'étude (Figure 5). Ces résultats ne tiennent toutefois pas compte des navires se dirigeant vers le fjord du Saguenay où la fréquence annuelle de navires en provenance des routes maritimes marginales se chiffre à environ 60 entrées depuis 1991 (voir section 3.4). Les régions du monde à l'origine des routes maritimes marginales sont par ordre d'importance le sud-ouest de l'Atlantique (M), le sud-est de l'Atlantique (N) et l'océan indien (H), suivent dans l'ordre les régions F, L, J, D, le golfe Persique, la mer Rouge et les régions I et K. Différentes tendances locales quant aux régions de provenance des navires sont décrites plus loin.

Plus de 50 % des navires qui fréquentent le Saint-Laurent, incluant le Saguenay, arrivent de six pays différents (Figure 6A). Les États-Unis sont le principal pays d'origine des navires (*ca* 20 %). Le Royaume-Uni, les Pays-Bas, la Belgique, l'Allemagne et la France suivent par ordre d'importance. Au total, environ 30 % des navires proviennent des autres pays des principales régions OAA, où on compte moins de 5 % d'arrivées de navires par pays.

Le pourcentage de navires arrivant des routes maritimes marginales atteignait près de 12 % du trafic pénétrant dans le Saint-Laurent en 1996 (Figure 6B). Ces arrivées proviennent en grande partie du Brésil, de l'Afrique du Sud et de l'Australie (chacun de ces pays contribuant pour au moins 1,5 % des arrivées en 1996). Les autres pays représentent chacun moins de 0,6 % des arrivées par année. Tel que mentionné précédemment, le nombre des arrivées de navires en provenance de routes maritimes marginales est en constante progression ($r_s = 0,69$; $p \leq 0,01$) et a plus que doublé depuis 1978, passant de moins de 100 à près de 250 arrivées annuelles en 1996.

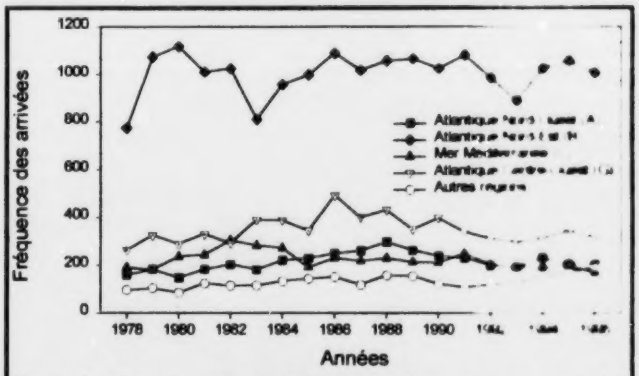

Figure 5. Fréquence des arrivées des navires en provenance des différentes régions OAA (divisées par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture) à destination des ports du Saint-Laurent et des Grands Lacs.

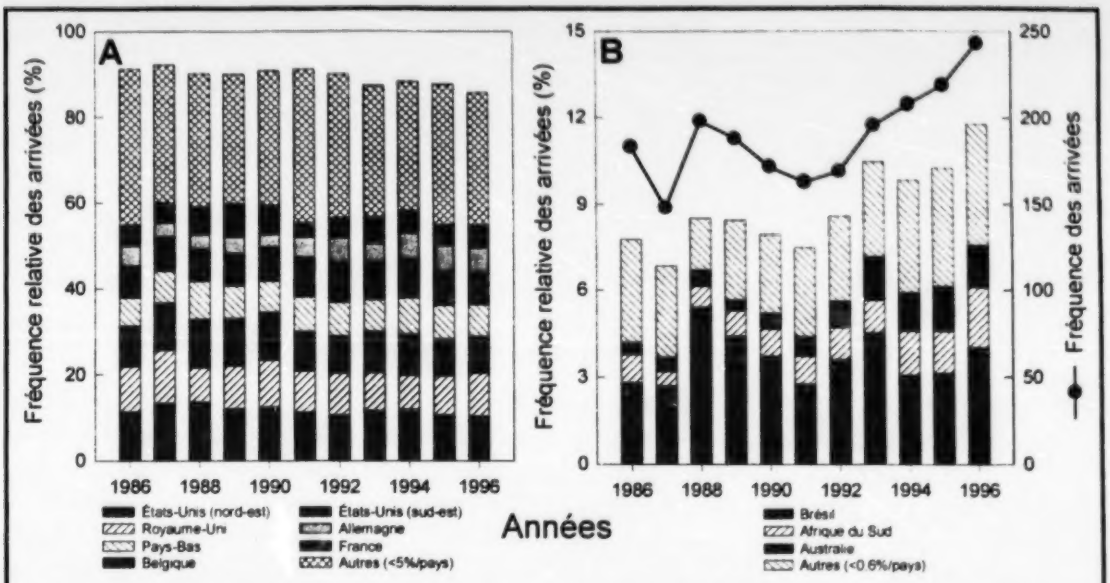

Figure 6. Fréquence relative des arrivées de navires en provenance de pays situés dans les principales régions OAA (divisées par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture) (A), et fréquence relative et absolue des arrivées en provenance des principaux pays situés dans les régions OAA de contribution mineure (B), à destination du Saint-Laurent, du Saguenay et des Grands Lacs de 1986 à 1996.

3.1.3 L'importation des eaux de lest

Le patron d'importation des eaux de lest diffère selon les régions du système Saint-Laurent/Grands Lacs. En 1996, les navires à destination du SM se déclaraient sur lest dans 87 % des cas. Ce pourcentage se situait à 20 % pour les navires à destination du SF et à 4 % pour les GL (données non présentées). Au cours de cette même année, 615 des 1943 navires ayant pénétré dans le Saint-Laurent ont fait une déclaration concernant l'échange des eaux de lest. Ces déclarations ne sont toutefois pas uniformes et ne mentionnent pas dans tous les cas s'il y a eu échange et/ou quel était le lieu d'échange de lest. Au total, 24 navires, soit 3,9 % des déclarations, ont rapporté avoir effectué des échanges de lest dans la zone avancée d'échange du chenal Laurentien (Figure 1). De plus, 18 répondants dont 11 navires à destination du SM, six du SF et 1 des Grands Lacs ont indiqué des dérogations aux LDFCDL. De 1994 à 1996, 35 % des navires se sont dirigés vers le SM qui recevait ainsi une moyenne de 10,3 Mt d'eaux de lest annuellement. Le SF en a reçu 2,7 Mt avec une fréquentation de 52 % des navires alors que les GL et le Saguenay en recevaient des quantités beaucoup moindres, de l'ordre de 250 000 t et 160 000 t respectivement.

3.2 Les tendances générales du trafic maritime étranger vers le Saint-Laurent marin

3.2.1 Arrivées de navires et capacité de transport de lest

Le SM reçoit en moyenne 674 navires étrangers par année depuis 1978 (Tableau 2). Soixante-quatre pour cent des navires sont de type vraquier et 31 % de type marchand général. Leur tonnage moyen est de 28 009 t. La capacité de transport de lest dans le SM atteint plus de 15 Mt annuellement. De façon générale, l'intensité du trafic ralentit en hiver. Depuis 1978 le trafic automnal montre une tendance à la hausse.

Les routes commerciales empruntées par les navires à destination du Saint-Laurent marin (Tableau 2) relient en grande partie (51 %) le nord-est de l'Atlantique (région B). Les autres arrivées de navires se partagent selon les proportions suivantes: 21 % arrivent du centre ouest de l'Atlantique (région G), 16 % du nord-ouest de l'Atlantique (région A) et 10 % de la région Méditerranée – Mer Noire. Depuis 1978, on note une légère tendance à l'augmentation des arrivées en provenance du centre ouest de l'Atlantique (région G), et des routes maritimes marginales, dont les principaux pays représentés sont en ordre d'importance, le Pérou, l'Afrique du Sud et l'Australie (Tableau 2). Entre 1978 et 1996, le trafic en provenance des routes maritimes marginales est passé de 5 à 42 entrées par année (Figure 7). La forte dominance du trafic en provenance de l'Europe du Nord (région B) s'est établie en 1979 alors que la fréquence d'arrivées de ces navires doublait par rapport à l'année précédente (Figure 7). Cependant, le début de la décennie 1990 semble être marqué par une diminution du trafic en provenance du nord-est de l'Atlantique (région B) avec trois années montrant des fréquences minimums jamais vues depuis 1979. Le trafic en provenance du centre ouest de l'Atlantique (région G) et du nord-ouest de l'Atlantique (région A) a connu une certaine hausse à partir de 1986 pour demeurer à peu près stable par la suite.

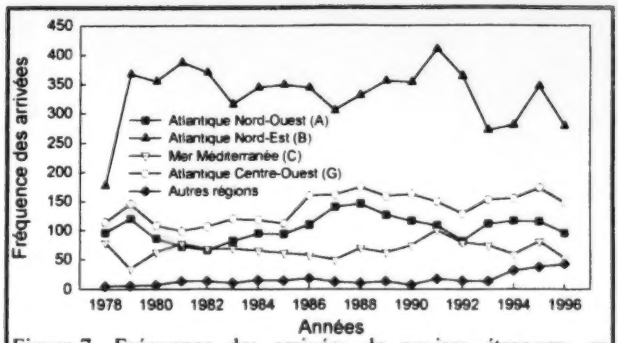

Figure 7. Fréquence des arrivées de navires étrangers en provenance des différentes régions OAA (divisées par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture) à destination de ports de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent de 1978 à 1996.

3.2.2 Le trafic à destination des différentes régions du Saint-Laurent marin

L'estuaire et le nord-ouest du golfe (région I) cumulent plus de 60 % des arrivées (environ 430 arrivées annuelles) de navires étrangers à destination du SM (Tableau 2). De plus, cette région totalise plus de 90 % de la capacité de transport de lest des navires, soit approximativement 14,4 Mt par année. Toujours dans le SM, plus de 60 % des arrivées et 80 % de la capacité de transport de lest sont attribués à trois ports de la région I, soient par ordre d'importance, ceux de Port-Cartier, Sept-Îles (incluant Pointe-Noire) et Baie-Comeau, tous situés sur la rive nord de l'estuaire (Tableau 2). La région I reçoit surtout des navires de fort tonnage (tonnage moyen > 40 000 t) en grande partie de type vraquier (données non présentées).

Les arrivées de navires dans les régions Gaspé–baie des Chaleurs (II), sud du golfe (III) et nord-est du golfe (IV) représentent respectivement 13 %, 10 % et 11 % des arrivées dans le SM, soit une moyenne de 224 navires annuellement pour les trois régions confondues (Tableau 2). Pour chacune de ces régions, la capacité de transport de lest est également beaucoup moins importante que pour la région I. Elle atteint au plus 116 000 TM par an en région II, et un maximum d'environ 40 000 TM par an dans les régions III et IV (Figure 8). La capacité de transport de lest cumulée pour les trois régions représente 7 % de la capacité attribuée à toutes les régions du SM confondues. Des navires de moindre tonnage (tonnage moyen < 18 000 t), de type marchand général, dominent le trafic dans ces régions (données non présentées).

Tableau 2. Statistiques descriptives concernant les arrivées de navires étrangers à destination de ports d'eau salée situés dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent de 1978 à 1996.

	Fréquence des arrivées			Capacité de transport d'eau de lest		
	Fréquence moy. ($n \cdot an^{-1}$)	Importance relative (%)	Évolution temporelle (r_s)[1]	Capacité moyenne (t)	Importance relative (%)	Évolution temporelle (r_s)[1]
Caractéristiques générales						
Total	674	100	ns	15.6	na	ns
Types de navire						
Marchand général	209	31	ns			
Citerne	34	5	ns			
Vraquier	431	64	ns			
Variations saisonières						
Hiver	113	17	ns			
Printemps	179	27	ns			
Été	185	27	ns			
Automne	197	29	0,74***			
Régions OAA d'origine						
Atlantique Nord-Ouest (A)	105	16	ns			
Atlantique Nord-Est (B)	332	51	ns			
Mer Méditerranée (C)	65	10	ns			
Atlantique Centre-Ouest (G)	139	21	0,63**			
Autres	16	2	0,69**			
Caractéristiques régionales (origine)						
Région I (Estuaire et Nord-Ouest du Golfe)						
Total	432	64	ns	14.4	92	ns
Atlantique Nord-Ouest (A)	62	14	ns			
Atlantique Nord-Est (B)	267	62	ns			
Mer Méditerranée (C)	54	13	ns			
Atlantique Centre-Ouest (G)	40	9	ns			
Autres	9	2	0,59**			
Région II (Péninsule de Gaspé et Baie des Chaleurs)						
Total	86	13	0,62**	0.7	4	0,94***
Atlantique Nord-Ouest (A)	22	26	ns			
Atlantique Nord-Est (B)	21	24	0,57*			
Mer Méditerranée (C)	4	5	ns			
Atlantique Centre-Ouest (G)	35	40	ns			
Autres	5	6	0,80***			
Région III (Sud du Golfe)						
Total	67	10	0,75***	0.2	1	0,80***
Atlantique Nord-Ouest (A)	9	14	ns			
Atlantique Nord-Est (B)	20	30	ns			
Mer Méditerranée (C)	5	7	0,49*			
Atlantique Centre-Ouest (G)	32	48	ns			
Autres	1	1	ns			
Région IV (Nord-est du Golfe)						
Total	72	11	0,47*	0.3	2	ns
Atlantique Nord-Ouest (A)	12	17	ns			
Atlantique Nord-Est (B)	25	35	ns			
Mer Méditerranée (C)	2	3	ns			
Atlantique Centre-Ouest (G)	32	44	ns			
Autres	1	1	ns			
Principaux ports						
Baie-Comeau	108	16	ns	1.6	10	ns
Sept-Îles et Pointe-Noire	139	21	ns	5.6	36	ns
Port-Cartier	167	25	ns	6.9	44	ns
Total	414	61	ns	12.5	80	ns

*** $p \leq 0,001$; ** $p \leq 0,01$; * $p \leq 0,05$; ns non significatif; na ne s'applique pas

[1] Évolution temporelle illustrée par la corrélation de rang deSpearman (r_s).

Les arrivées de navires dans les régions Gaspé–baie des Chaleurs (II), sud du golfe (III) et nord-est du golfe (IV) représentent respectivement 13 %, 10 % et 11 % des arrivées dans le SM, soit une moyenne de 224 navires annuellement pour les trois régions confondues (Tableau 2). Pour chacune de ces régions, la capacité de transport de lest est également beaucoup moins importante

que pour la région I. Elle atteint au plus 116 000 TM par an en région II, et un maximum d'environ 40 000 TM par an dans les régions III et IV (Figure 8). La capacité de transport de lest cumulée pour les trois régions représente 7 % de la capacité attribuée à toutes les régions du SM confondues. Des navires de moindre tonnage (tonnage moyen < 18 000 t), de type marchand général, dominent le trafic dans ces régions (données non présentées).

Outre la dizaine de navires en provenance des routes marginales, on n'observe aucune tendance temporelle quant au nombre d'arrivées et à la capacité de transport de lest dans la région I (Tableau 2), que ce soit à l'échelle de la région ou de ses principaux ports. Ce patron est confirmé par la Figure 8 qui met toutefois en relief une forte hausse du nombre des arrivées de navires entre 1978 et 1979 et de la capacité de transport de lest de 1978 à 1981. Les régions II (Gaspé–baie des Chaleurs : $r_s = 0{,}62$; $p \leq 0{,}01$), III (sud du golfe : $r_s = 0{,}75$; $p \leq 0{,}001$) et IV (nord-est du golfe : $r_s = 0{,}47$; $p \leq 0{,}05$) affichent toutes trois une hausse significative de leurs arrivées de navires depuis 1978 (Tableau 2). Une augmentation significative de la capacité de transport de lest accompagne la hausse des arrivées dans les régions II ($r_s = 0{,}94$; $p \leq 0{,}001$) et III ($r_s = 0{,}80$; $p \leq 0{,}001$). L'augmentation des arrivées est particulièrement évidente pour la région II, où on observe un gain d'environ 75% du nombre d'entrées en 1996 par rapport à 1978. Notons que chacune de ces régions reçoit moins de 120 navires par année. De même, dans la région II, on observe que la capacité de transport de lest en 1996 est 2,5 fois supérieure à celle de 1978, atteignant environ 120 000 t. Cette augmentation s'est avérée particulièrement marquée au milieu des années '90. Dans les régions III et IV, bien que la hausse soit assez constante, le volume estimé en 1996 ne représente qu'environ 20 000 t pour chacune des deux régions.

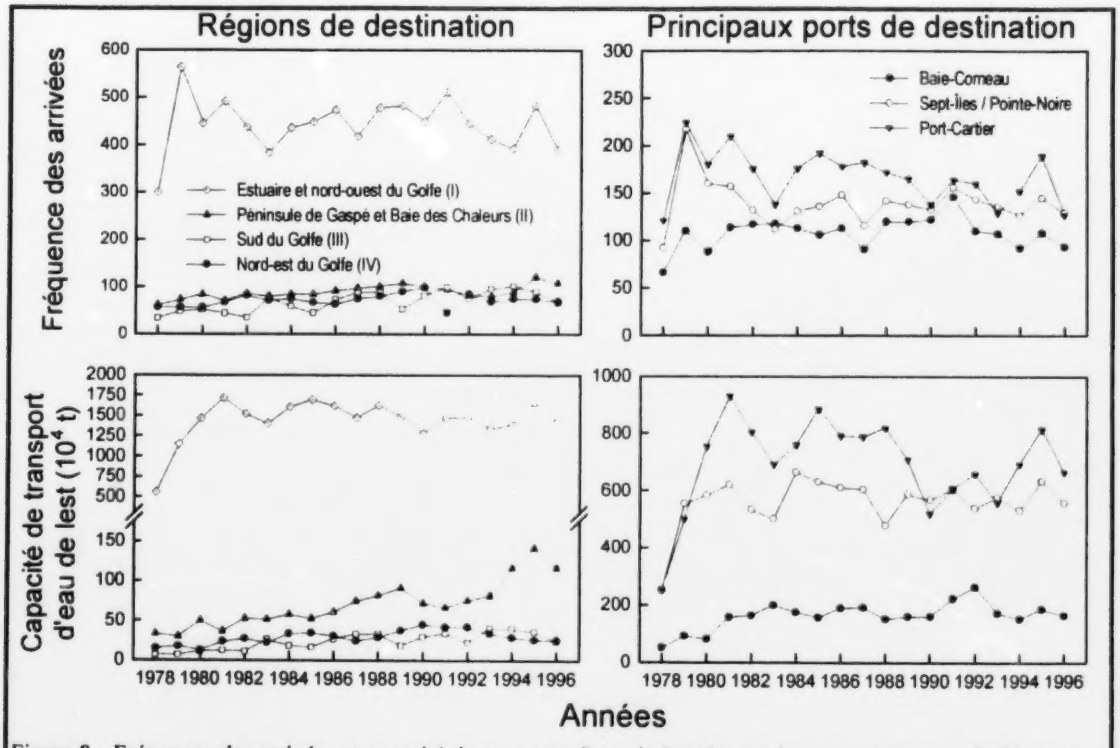

Figure 8. Fréquence des arrivées et capacité de transport d'eau de lest des navires en provenance de l'étranger à destination des différentes régions et principaux ports de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent de 1978 à 1996.

Les augmentations de fréquences et des capacités de transport de lest du début des années 1980 sont illustrées à la Figure 8. On ne perçoit cependant aucune tendance particulière à long terme. Le trafic maritime des régions II, III et IV se concentre dans quatre ports soient ceux de Corner Brook (région IV), Dalhousie, Belledune et Gaspé (région II) où on totalise 62 % des arrivées en 1996 (données non présentées).

Localement, alors que la région I reçoit des navires arrivant en majeure partie du nord-est de l'Atlantique (région B), les navires entrant dans les régions II, III et IV viennent plutôt du centre-ouest de l'Atlantique (région G) (Tableau 2). Les régions II et III présentent des hausses significatives d'arrivées de navires en provenance des régions B et C respectivement. Les navires en provenance de routes commerciales marginales ont augmenté leur fréquence d'arrivées en régions I et II depuis 1978. Malgré les hausses locales d'arrivées de navires en provenance de certaines régions du monde (Figure 9), ces entrées ne représentent qu'un maximum de 32 navires par année.

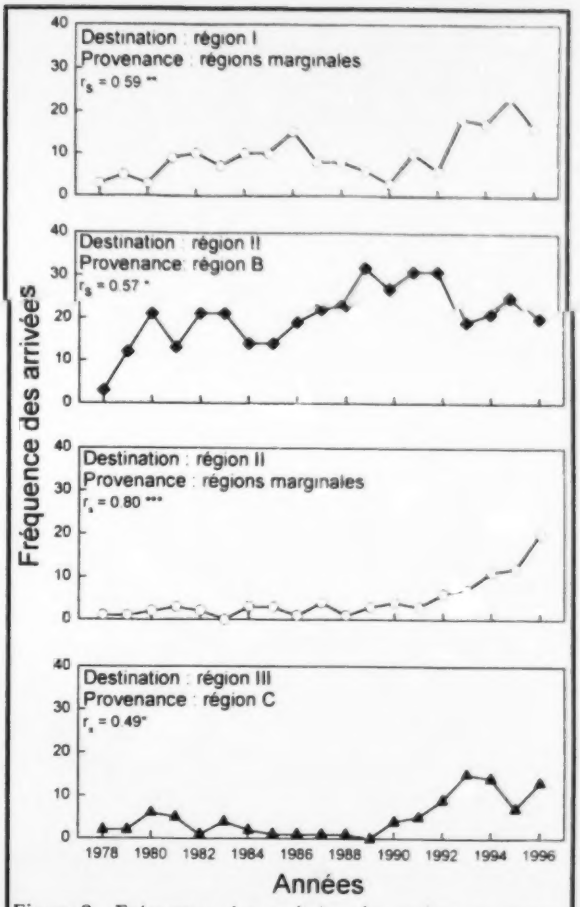

Figure 9. Fréquence des arrivées de navires en provenance des différentes régions OAA (divisées par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture) présentant des tendances selon les régions de destination dans le Saint-Laurent marin de 1978 à 1996. *** $p \leq 0.001$; ** $p \leq 0.01$; * $p \leq 0.05$.

3.2.3 L'importation des eaux de lest

Dans les ports de Port-Cartier, Sept-Îles et Baie-Comeau, non seulement le trafic maritime domine quant aux fréquences d'arrivées et aux capacités de transport de lest, mais la majorité des navires y arrivent totalement lestés (sur lest). Par exemple, la proportion de navires sur lest atteint 85 % à Port-Cartier (Figure 10). Seuls les ports des Escoumins, de la baie des Chaleurs et de Miramichi (Newcastle) reçoivent une forte proportion de navires partiellement lestés (en charge). Les navires de fort tonnage, et en majorité totalement lestés qui fréquentent les ports de la Côte-Nord du Saint-Laurent transportent près de 10 Mt de lest annuellement (Figure 11). Cette quantité dépasse par un facteur de trois celle transportée vers les autres ports du système Saint-Laurent/Grands Lacs. Les autres régions du SM se trouvent très loin derrière avec 220 000, 170 000 et 160 000 t pour les régions II, IV et III respectivement. Dans l'estuaire maritime (région I), le lest arrive en grande partie (81 %) du nord-est de l'Atlantique (région B), le reste se partageant entre la région Méditerranée – mer Noire (région C) ainsi que le centre-ouest et le nord-ouest de l'Atlantique (régions A et G). Pour les autres régions du SM, le nord-est de l'Atlantique (région B) reste la route maritime dominante en terme de quantité de lest transporté alors que le nord-ouest (région A) et le centre ouest (région G) de l'Atlantique deviennent des routes commerciales importantes, les navires qui en proviennent transportant 40 % du lest importé.

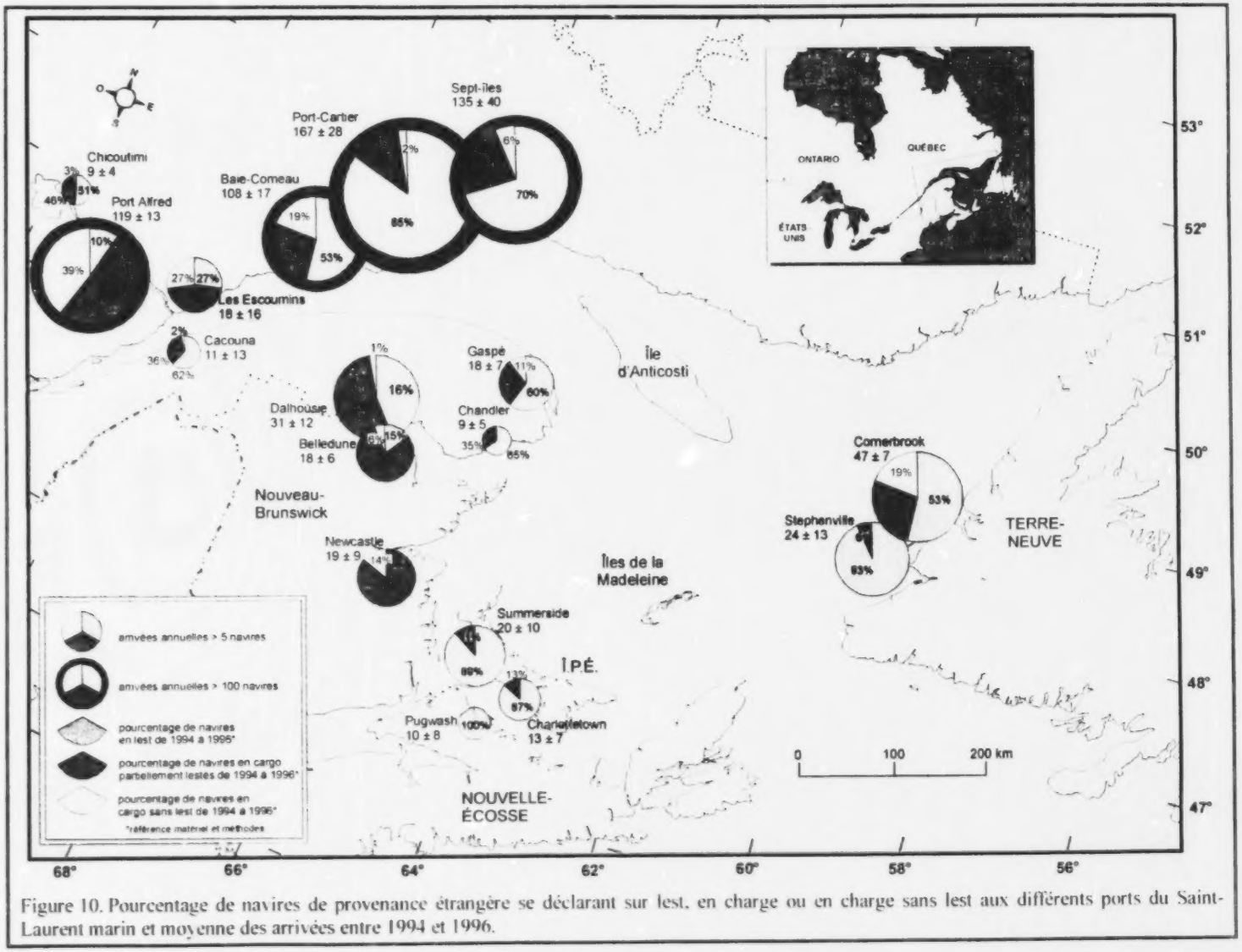

Figure 10. Pourcentage de navires de provenance étrangère se déclarant sur lest, en charge ou en charge sans lest aux différents ports du Saint-Laurent marin et moyenne des arrivées entre 1994 et 1996.

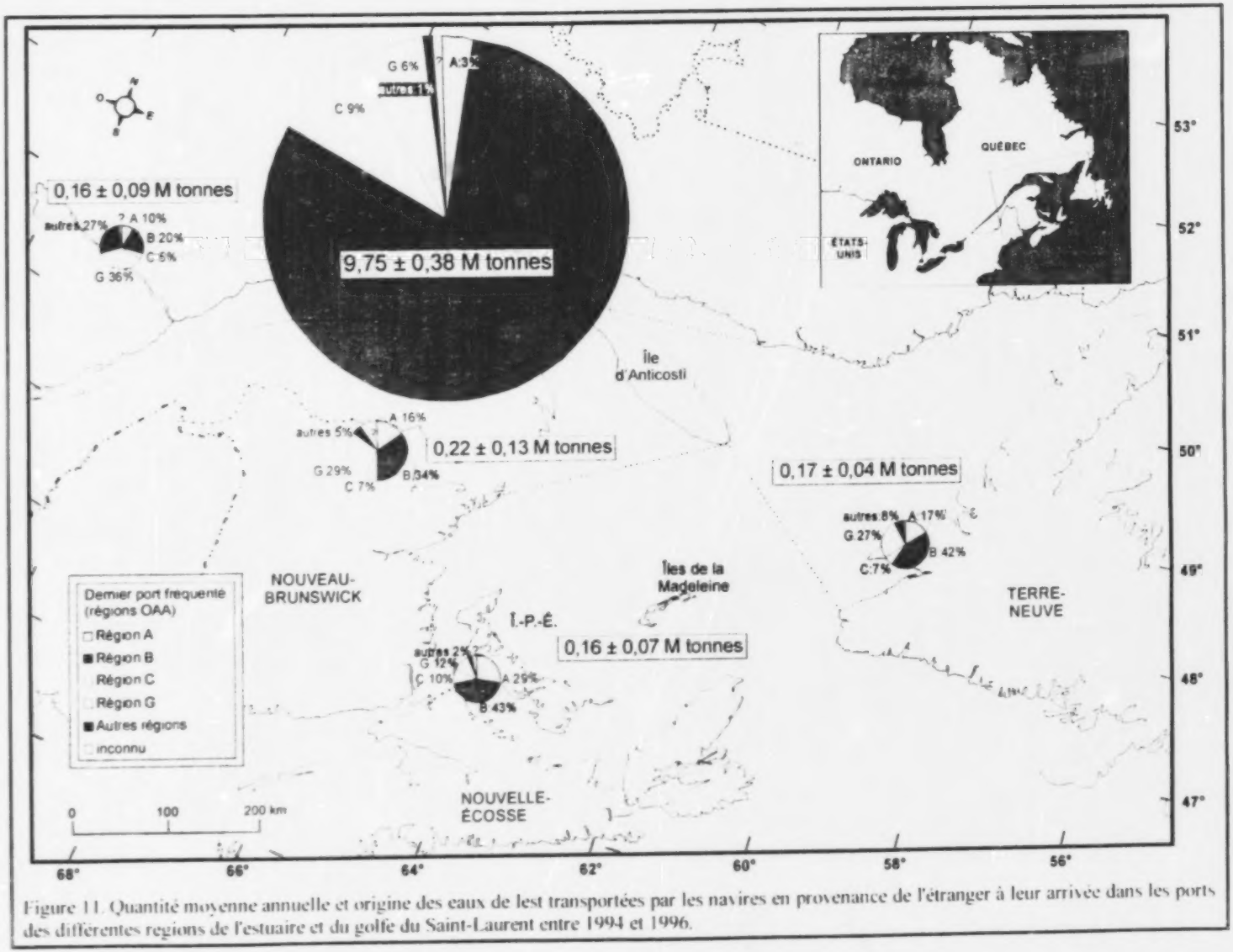

Figure 11. Quantité moyenne annuelle et origine des eaux de lest transportées par les navires en provenance de l'étranger à leur arrivée dans les ports des différentes régions de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent entre 1994 et 1996.

3.3 Les tendances générales du trafic maritime étranger vers le Saint-Laurent fluvial

3.3.1 Arrivées de navires et capacité de transport de lest

Globalement, le trafic maritime étranger à destination du SF se situe autour de 1050 arrivées annuelles (Tableau 3). Ce trafic est constitué à 85 % de navires de types vraquier et marchand général dans des proportions à peu près équivalentes. Le tonnage moyen des navires est d'environ 18 000 t, en nette progression ($r_s = 0,96$; $p < 0,001$) depuis 1978 (Tableau 3). La capacité moyenne de transport de lest des navires à destination du SF se chiffre à 10,8 Mt. Elle affiche également une légère tendance à la hausse ($r_s = 0,69$; $p < 0,01$), visible jusqu'au début des années '90 (Figure 12). Le trafic hivernal est réduit d'à peu près 50 % mais augmente toujours depuis 1978.

Les navires viennent plus fréquemment du nord-est de l'Atlantique (région B, 51 % – environ 540 arrivées par année) et du centre ouest de l'Atlantique (région G, 18 % – environ 185 arrivées par année) (Tableau 3). Dans chaque cas, près de 10 % des navires (près de 100 arrivées par année) arrivent du nord-ouest de l'Atlantique (région A) ou de la région Méditerranée – mer Noire (région C). Alors qu'elles représentent près de 10 % des arrivées, celles en provenance des routes maritimes marginales sont en hausse ($r_s = 0,61$; $p \leq 0,01$) depuis 1978.

3.3.2 Le trafic à destination des différentes régions du Saint-Laurent fluvial

Le tronçon fluvial (TF) reçoit la majorité (77 %) du trafic étranger à destination du SF (Tableau 3). Le port de Montréal y est la destination principale avec 91 % des arrivées de navires. Le nombre des arrivées dans le TF a légèrement baissé ($r_s = -0,49$; $p \leq 0,05$) depuis 1978, et cette baisse est principalement associée au port de Montréal ($r_s = -0,64$; $p \leq 0,01$). La fréquence des arrivées dans le tronçon fluvial recule particulièrement de 1986 à 1993 et les arrivées de navires en 1996 sont inférieures de 30% à celles de 1986, passant de 1060 en 1986 à 740 en 1996 (Figure 12A). Dans les années 1990, les arrivées de navires se maintiennent à près de 800 par année (Figure 12A).

L'estuaire fluvial (EF) reçoit en moyenne 23 % des navires étrangers à destination du SF (Tableau 3). Ces arrivées se concentrent dans les régions portuaires de Québec (74,6 %) et de Bécancour/Trois-Rivières (25,2 %) (Tableau 3). Le trafic à destination de l'EF a augmenté depuis 1978 ($r_s = 0,81$; $p \leq 0,001$). Cette tendance à la hausse est attribuable à la région portuaire de Bécancour/Trois-Rivières ($r_s = 0,82$; $p \leq 0,001$), où les arrivées annuelles sont passées de 7 en 1984 à 95 en 1986 (Figure 12A).

Les navires à destination des ports de la région de Montréal ont une capacité moyenne de transport de lest totalisant 6,5 Mt, soit 89 % de la capacité totale pour le TF (7,3 Mt) (Tableau 3). Les régressions n'indiquent aucune tendance temporelle en ce qui concerne la capacité de transport de lest, que ce soit pour la région dans son ensemble ou pour les seuls ports de la région de Montréal. La capacité de transport de lest des navires à destination du TF (Figure 12B) a toutefois plus que doublé depuis 1978, passant de 4,4 Mt en 1978 à 7,7 Mt en 1986. Cette capacité a amorcé une descente par la suite mais se maintient à des valeurs près de 8 Mt depuis 1991. Les capacités de transport de lest vers la région de Montréal déterminent celles observées dans le TF.

Tableau 3. Statistiques descriptives concernant les arrivées de navires étrangers à destination de ports en eau douce du Saint-Laurent fluvial de 1978 à 1996.

	Fréquence des arrivées			Capacité de transport d'eau de lest		
	Fréquence moy. ($n \cdot an^{-1}$)	Importance relative (%)	Évolution temporelle (r_s)[1]	Capacité moyenne (t)	Importance relative (%)	Évolution temporelle (r_s)[1]
Caractéristiques générales						
Total	1049	na	ns	10.8	na	0.69**
Types de navire						
Marchand général	473	45	-0.70**			
Citerne	160	15	-0.51*			
Vraquier	416	40	ns			
Variations saisonnières						
Hiver	141	13	0.67**			
Printemps	300	29	ns			
Été	297	28	ns			
Automne	311	30	ns			
Régions OAA d'origine						
Atlantique Nord-Ouest (A)	82	8	ns			
Atlantique Nord-Est (B)	539	51	ns			
Mer Méditerranée (C)	114	11	ns			
Atlantique Centre-Ouest (G)	186	18	ns			
Autres	96	9	0.61**			
Caractéristiques régionales (origine)						
Tronçon fluvial (TF)						
Total	809	77	-0.49*	7.3	68	ns
Atlantique Nord-Ouest (A)	35	3	-0.62**			
Atlantique Nord-Est (B)	446	42	ns			
Mer Méditerranée (C)	88	8	ns			
Atlantique Centre-Ouest (G)	145	14	ns			
Autres	72	7	ns			
Estuaire fluvial (EF)						
Total	240	23	0.81***	3.5	32	0.87***
Atlantique Nord-Ouest (A)	47	9	0.76***			
Atlantique Nord-Est (B)	93	17	0.67**			
Mer Méditerranée (C)	27	5	ns			
Atlantique Centre-Ouest (G)	41	7	ns			
Autres	23	4	0.83***			
Principales régions portuaires						
Montréal (TF)	735	70	-0.64**	6	60	ns
Bécancour/Trois-Rivières (EF)	60	6	0.82***	1	5	0.94***
Québec (EF)	179	17	ns	3	27	0.65**
Total	974	93	na	10	92	na

*** $p \leq 0.001$; ** $p \leq 0.01$; * $p \leq 0.05$; ns non significatif; na ne s'applique pas

[1] Évolution temporelle illustrée par la corrélation de rang de Spearman (r_s).

La capacité de transport de lest des navires à destination de l'EF se chiffre en moyenne à 3,5 Mt par année dont 2,9 et 0,6 Mt sont attribuables aux navires se dirigeant respectivement vers les ports des régions de Québec et de Bécancour/Trois-Rivières (Tableau 3). La capacité de transport de lest des navires se dirigeant vers l'EF est en hausse depuis 1978 ($r_s = 0,87$; $p \leq 0,001$) de même que celle des navires à destination de chacune des deux régions portuaires de Bécancour/Trois-Rivières ($r_s = 0,94$; $p \leq 0,001$) et de Québec ($r_s = 0,65$; $p \leq 0,05$). La capacité de transport de lest des navires se dirigeant vers l'EF a atteint des sommets en 1991 et 1992, et elle avait doublé en 1996 par rapport aux valeurs estimées pour 1978 (Figure 12B). Malgré des arrivées stables dans la région de Québec, la capacité de transport de lest des navires a progressé rapidement jusqu'en 1991 (Figure 12B). Même avec la baisse des arrivées au début des années 1990, la capacité de

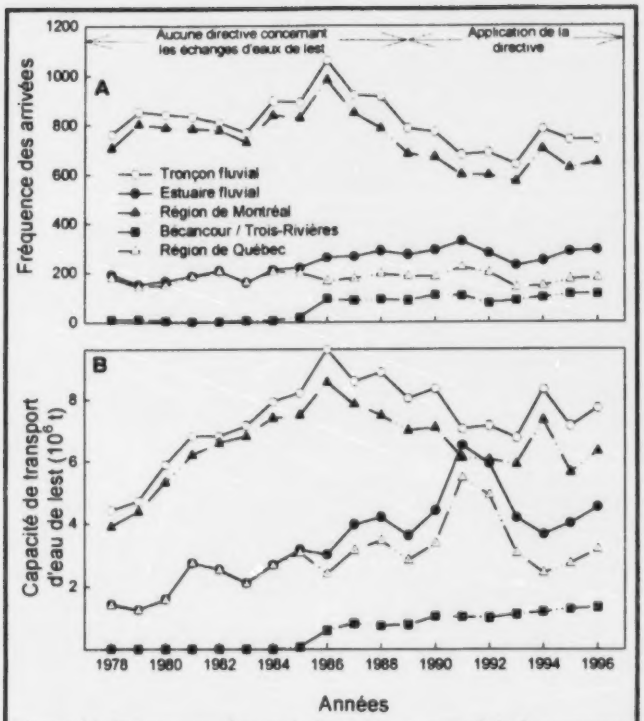

Figure 12. Fréquence des arrivées (A) et capacité de transport d'eau de lest (B) des navires de provenance étrangère à destination des ports d'eau douce du Saint-Laurent fluvial de 1978 à 1996. La ligne pointillée représente l'année de mise en vigueur des « Lignes directrices facultatives pour le contrôle du déchargement du lest liquide des navires se dirigeant vers les Grands Lacs ».

transport de lest des navires attachés à la région de Québec comme ceux de tout l'EF garde, jusqu'en 1996, des valeurs nettement supérieures à celles de 1978. La courbe illustrant la capacité de transport de lest des navires à destination de la région de Bécancour/Trois-Rivières (Figure 12B) suit assez fidèlement celle des fréquences d'arrivées (Figure 12A).

Pour le TF (Tableau 3), les différentes régions d'origine des navires sont représentées dans des proportions proches de celles trouvées dans le SF. Aucune tendance n'est mise en évidence, sauf pour les arrivées de navires en provenance du nord-ouest de l'Atlantique (région A) qui accusent une baisse ($r_s = -0{,}62$; $p \leq 0{,}01$). Cette diminution est attribuable à un nombre restreint d'entrées de navires dont les fréquences annuelles restent plutôt stables depuis 1989. Les arrivées en provenance du nord-est de l'Atlantique (région B) et du centre ouest de l'Atlantique (région G) ont atteint un maximum au milieu des années 1980 (Figure 13A).

Dans l'EF, les arrivées en provenance du nord-est de l'Atlantique (région B) dominent toujours (en moyenne 17 % du trafic vers le SF) alors qu'une autre part importante du trafic (16 % du trafic vers le SF en moyenne) provient du nord-ouest (région A) et du centre est (région G) de l'Atlantique (Tableau 3). Les navires arrivant des régions A, B et des routes maritimes marginales (au total 30 % du trafic vers le SF) ont augmenté depuis 1978 (Tableau 3), ce avec une grande variabilité interannuelle (Figure 13B). Par ailleurs, la fréquence des arrivées de navires, en provenance de toutes les régions, sont plus élevées en 1996 qu'en 1978 (Figure 13B).

Les navires présents dans le TF proviennent principalement des États-Unis, de la Belgique, de la France, du Royaume-Uni, de l'Espagne, des Pays-Bas et de l'Allemagne. Les proportions représentées et relatives aux arrivées totales dans le SF sont plutôt stables depuis 1986 (Figure 14A). Par ailleurs, on observe une légère baisse des arrivées absolues de navires à destination du TF (Tableau 3).

La provenance des navires à destination de l'EF, en proportions relatives au trafic dans le SF, est illustrée à la Figure 14B. Seule la proportion des navires en provenance du Royaume Uni est en nette régression depuis 1986. Proportionnellement, le trafic qui arrive des États-Unis ainsi que des autres principaux pays contributeurs (Norvège, Pays-Bas, Espagne, Algérie et Australie) de même que la proportion totale des arrivées dans l'EF augmente de 1978 à 1996 (Figure 14B).

3.3.3 L'importation d'eaux de lest

En termes d'arrivées de navires, le port de Montréal demeure de loin le port le plus important de tout le système Saint-Laurent/Grands Lacs, avec une moyenne de 735 arrivées par année (Figure 15). Outre le port de Québec qui accueille autour de 150 navires étrangers annuellement, tous les autres ports du SF en reçoivent moins de 50. La majorité des navires (minimum 62 %) arrivent partiellement lestés (Figure 15).

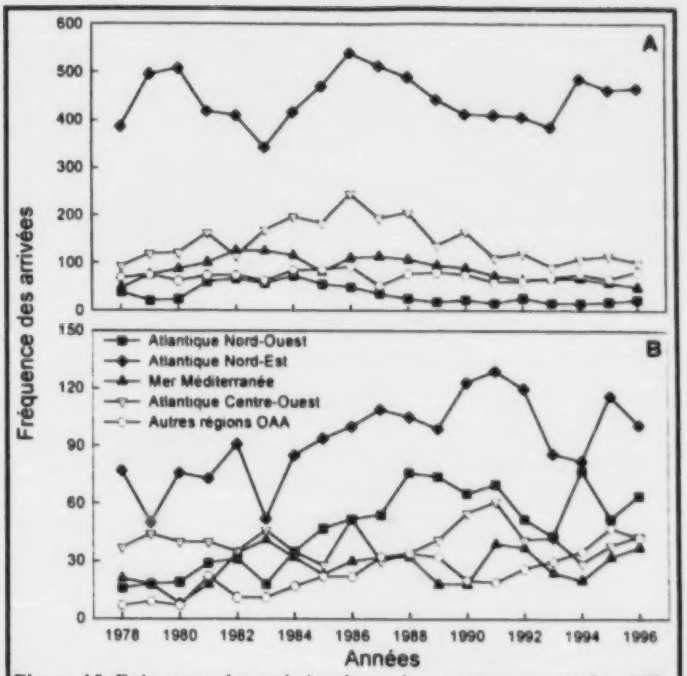

Figure 13. Fréquence des arrivées de navires en provenance des différentes régions OAA (divisées par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture) à destination du tronçon fluvial (A) et de l'estuaire fluvial (B) du Saint-Laurent de 1978 à 1996.

De 1994 à 1996, le lest moyen transporté a été estimé à 1.79 Mt par année dans le TF et à 0.91 Mt dans l'EF (Figure 16). Dans le TF, les navires arrivant du nord-est de l'Atlantique (région B) transporteraient 72 % du lest alors que 15 % et 7 % du lest serait transporté par des navires en provenance respectivement de l'ouest de l'Atlantique (13 % de la région G et 2 % de la région A) et de la région Méditerranée – mer Noire (région C). Dans l'EF, 44 % du lest arrive à bord de navires parvenant du nord-est de l'Atlantique (région B), 29 % de l'ouest de l'Atlantique (25 % de la région G, 4 % de la région B) et 17 % de la région Méditerranée – mer Noire (région C).

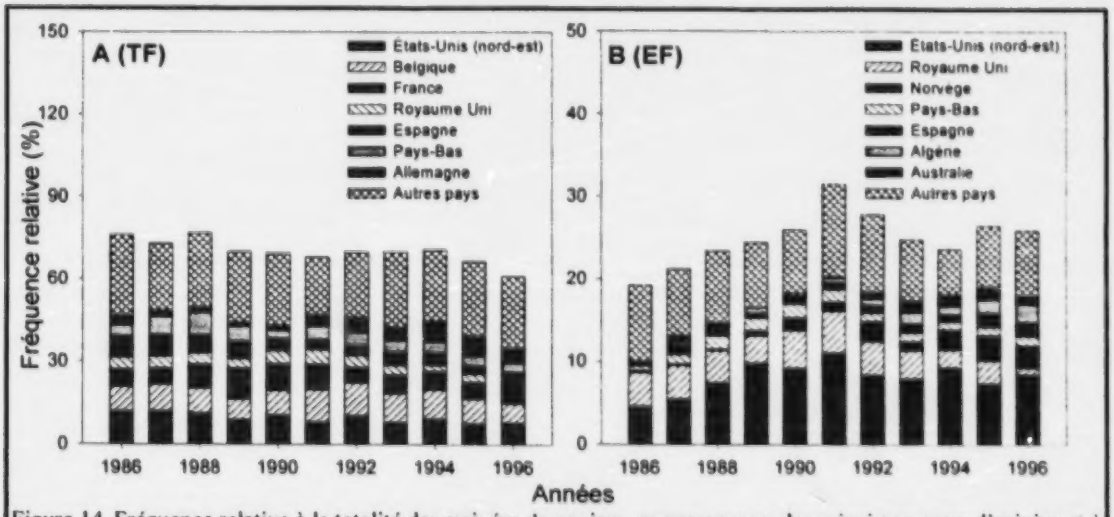

Figure 14. Fréquence relative à la totalité des arrivées de navires, en provenance des principaux pays d'origine et à destination (A) du tronçon fluvial (TF) et (B) de l'estuaire fluvial (EF), de 1986 à 1996.

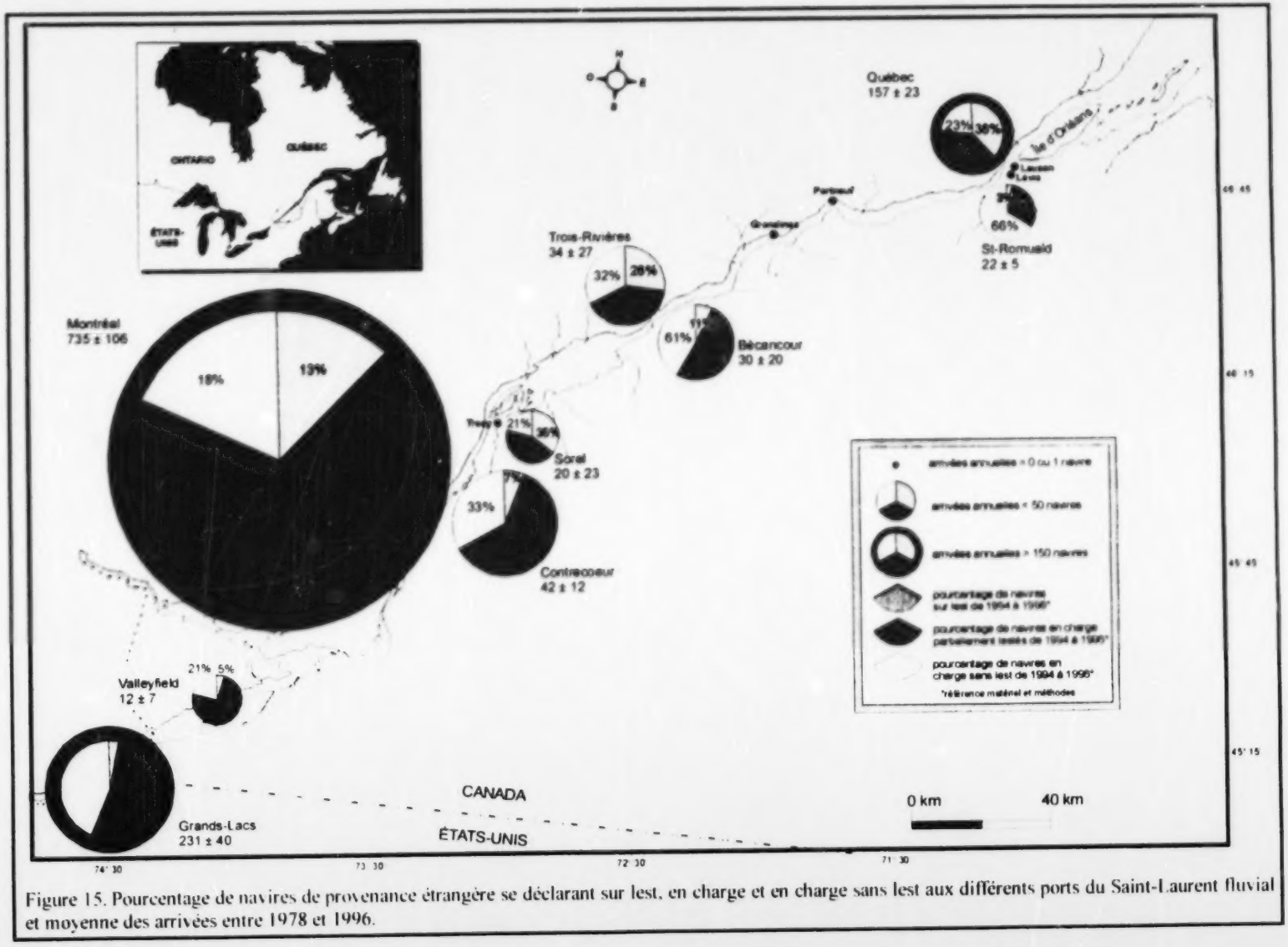

Figure 15. Pourcentage de navires de provenance étrangère se déclarant sur lest, en charge et en charge sans lest aux différents ports du Saint-Laurent fluvial et moyenne des arrivées entre 1978 et 1996.

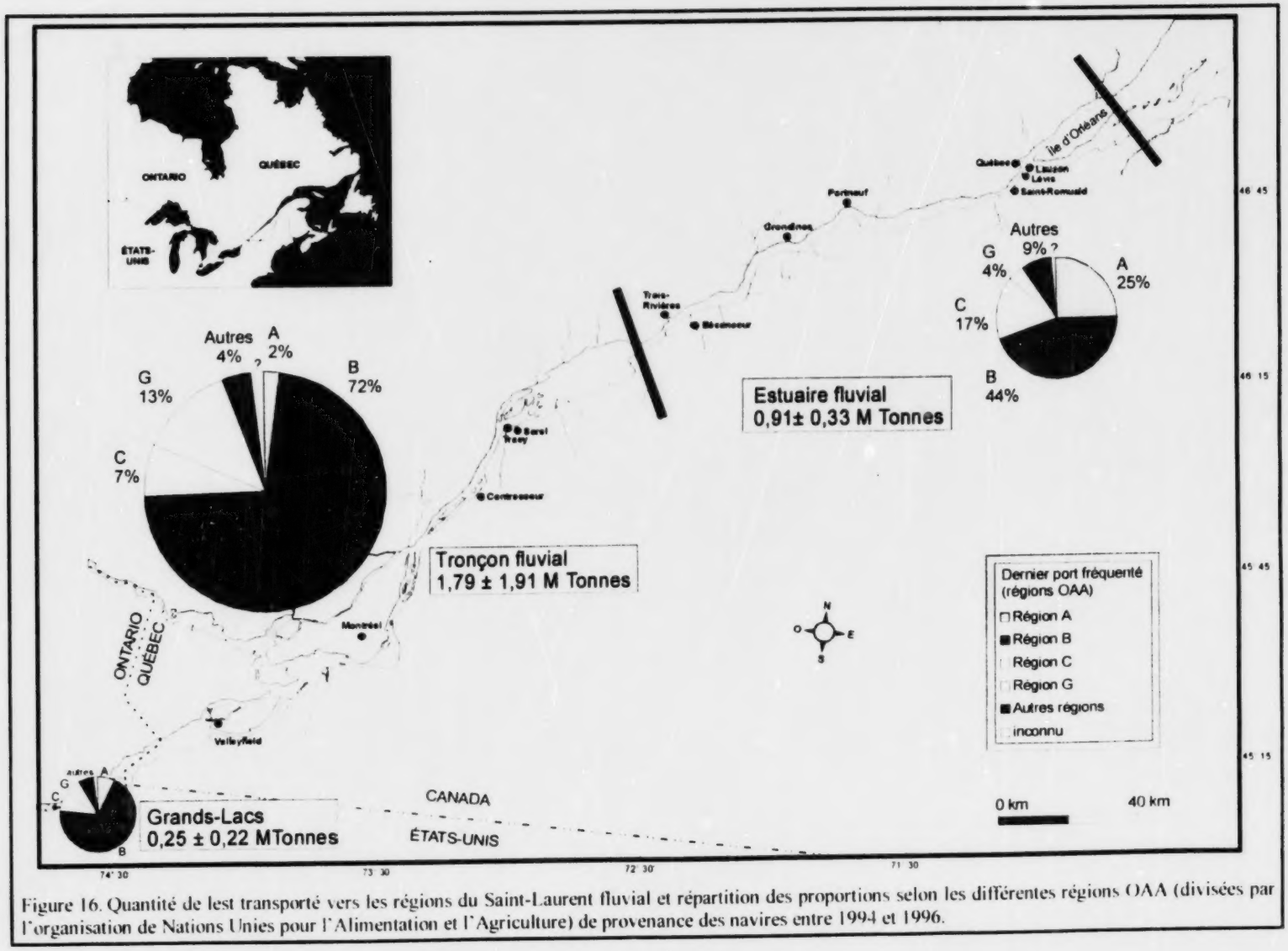

Figure 16. Quantité de lest transporté vers les régions du Saint-Laurent fluvial et répartition des proportions selon les différentes régions OAA (divisées par l'organisation de Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture) de provenance des navires entre 1994 et 1996.

3.4 Le cas particulier du Saguenay

Pour des raisons inconnues, la banque de données du STM ne fournit que des données fragmentaires relativement au trafic maritime à destination du Saguenay. Il n'existe aucune donnée pour les années antérieures à 1986. Les données analysées proviennent donc en partie des rapports de Ports Canada qui compile les mouvements de navires plutôt que les arrivées de navires. Ces mouvements incluent des navires dont le port de destination du Saguenay n'est pas nécessairement le premier port d'entrée au pays. De plus, l'arrivée et le départ d'un même navire représentent deux mouvements. Selon ces rapports, les mouvements de navires étrangers dans le Saguenay, depuis 1981, augmentent ($r_s = 0,50$; $p \leq 0,05$), se situant entre 176 et 245 annuellement. La majorité des mouvements dans le Saguenay se font au port de Port Alfred (72 % en 1997). Avant 1986, les autres mouvements se répartissent entre le quai Maltais et celui de Chicoutimi. À partir de 1986, ces autres mouvements sont plutôt enregistrés au port de Grande-Anse. D'après les valeurs fournies par la banque du STM, le tonnage moyen des navires est en hausse ($r_s = 0,96$; $p \leq 0,001$), passant de 18 157 t en 1986 à 21 816 t en 1996. Les navires sont en majorité de type vraquier (72 %) et proviennent de trente pays. En 1996, 26 % des navires arrivaient du Brésil, 20 % des États-Unis, 15 % de Jamaïque, 6 % de Guinée et 6 % de Guyane. Les pays impliquant des routes maritimes marginales sont fortement représentés (données non présentées).

Le port de Grande-Anse n'apparaît pas à la Figure 10 puisqu'il accueille moins de 5 navires annuellement depuis 1986. Port-Alfred constitue la principale destination dans le Saguenay avec, en moyenne, 119 arrivées par année depuis 1986. Les navires arrivent dans le Saguenay majoritairement en charge dont près de 40 % sans lest (Figure 10). Jusqu'à 27 % du lest est transporté par des navires en provenance des routes maritimes marginales (Figure 11). Les autres apports proviennent du centre ouest de l'Atlantique (région G: 36 %), du nord-est de l'Atlantique (région B: 20 %), du nord-ouest de l'Atlantique (région A: 10 %) et de la région Méditerranée – mer Noire (région C: 5 %). La quantité de lest transportée dans le Saguenay est estimée à 160 000 t (Figure 11).

4.0 DISCUSSION

4.1 La consignation des renseignements relatifs au trafic maritime étranger dans le Saint-Laurent

De façon générale, la banque de données du STM permet de dresser un portrait relativement fiable du trafic maritime étranger à destination du système Saint-Laurent/Grands Lacs depuis 1978. Toutefois, les informations concernant le transport des eaux de lest (position du navire et profondeur d'eau de la zone où s'est effectué l'échange de lest) ne sont pas consignées de façon uniforme et systématique comme le prescrivent les LDFCDL. Dans un deuxième temps, la variable devant indiquer l'absence ou la présence de lest à bord des navires reste impossible à interpréter étant donné la mauvaise définition de cette variable lors de la consignation des informations (G. Laprise, Transport Canada, Les Escoumins, communication personnelle). D'ailleurs, le rapport sur le statut du navire peut contredire la dite variable. D'autre part, on peut qualifier de « zone grise » toute la région du golfe située au sud de Gaspé, à l'ouest du 63^e méridien de longitude ouest, où l'application des LDFCDL est subjective et où les navires ne sont pas soumis systématiquement au contrôle verbal relatif à leur conformité aux LDFCDL. En dernier lieu, les LDFCDL font mention d'un formulaire devant être rempli par le capitaine de navire à son entrée

en eaux canadiennes. Outre quelques exceptions, ce formulaire n'est pas rempli et aucune instance n'a le mandat de recueillir et de traiter ledit formulaire.

En ce qui concerne les pratiques d'échange de lest, les problèmes énoncés plus haut limitent les possibilités d'interprétation des résultats qui ne sont étudiés ici que qualitativement. Des données plus précises concernant l'échange du lest ont toutefois été analysées par Harvey *et al.* (1999) et permettent de juger de façon plus approfondie des risques immédiats liés à l'importation des eaux de lest (biomasse et nombre des espèces présentes dans les ballasts, effectivité de l'échange de lest). L'estimé des quantités de lest effectivement transportées n'a pu être analysé en fonction de son évolution annuelle du fait que des données relatives à cet aspect ne sont disponibles que depuis 1990. Il semble que la quantité et la qualité des informations recueillies s'améliorent avec le temps de telle façon que seules les données de 1994 à 1996 ont pu être utilisées avec l'assurance qu'elles sont vraiment représentatives de la situation. La trame de la présente étude s'appuie quant à elle sur une base de données solide et exhaustive dont les rares erreurs humaines de compilation (voir la méthodologie) ne compromettent aucunement l'interprétation des résultats. Enfin, les données analysées confirment le portrait du trafic maritime à destination du SM en 1995 dessiné par Harvey *et al.* (1999) et met en relief certaines tendances temporelles observées de 1978 à 1996.

Par ailleurs, le manque de conformité aux prescriptions fort limitées des LDFCDL, relevé par la présente étude de même que par Harvey *et al.* (1999) ainsi que l'absence de suivi *in situ* de cette conformité, compromettent les bénéfices anticipés par l'imposition des LDFCDL.

4.2 La flotte de navires étrangers à destination du système Saint-Laurent/Grands Lacs : situation et évolution générale

La fréquentation des ports répartis dans tout le système Saint-Laurent/Grands Lacs totalise quelques 2 000 entrées annuelles. Aucun port du Saint-Laurent ne se compare aux plus grands ports du monde. En comparaison, les deux seuls ports de Norfolk et Baltimore dans la baie de Chesapeake reçoivent plus de 4 000 navires par année (Carlton *et al.* 1995) alors que le seul port de Rotterdam en recevait plus de 2 000 en 1997 (Aquasense 1998). Cependant, les quantités de lest transportées vers le Saint-Laurent (1994 à 1996) se situent en moyenne à 13,6 Mt et sont jugées fort importantes et équivalentes à celles transportées, par exemple, vers la baie de Chesapeake, considérée comme un point chaud pour l'introduction d'espèces exotiques nuisibles (Chesapeake Bay Commision 1995). Ces grandes quantités de lest sont largement destinées aux principaux ports de la Côte-Nord du Saint-Laurent vers lesquels une majorité de vraquiers de fort tonnage se dirigent, totalement lestés. Le tonnage des 1049 navires qui arrivent annuellement de même que le pourcentage de navires sur lest sont moins important dans le SF que dans le SM. Une proportion de 25 % du lest transporté vers le système Saint-Laurent/Grands Lacs le serait par les navires à destination du SF. La présente étude met clairement en évidence que la capacité totale de transport de lest des navires de même que les quantités de lest effectivement transportées vers les Grands Lacs sont très inférieures à celles attribuées au système Saint-Laurent incluant le fleuve, l'estuaire et le golfe. En effet, dans les Grands Lacs, les navires étrangers dont le tonnage est limité à plus ou moins 12 000 t par la profondeur des chenaux et par la largeur des écluses, arrivent à de moindres fréquences, et, majoritairement chargés à pleine capacité, ne transportent en général qu'une quantité résiduelle de lest. La proportion de lest qui y est transportée représente à peine 2 % avec 11 % des arrivées totales. De plus, toujours dans les Grands Lacs, selon les va-

riables analysées au cours de la présente étude, aucune évolution du trafic maritime étranger n'est visible depuis 1978.

La principale tendance observée, pour l'ensemble des régions du Saint-Laurent, se dégage en regard de la capacité de transport de lest qui est nettement supérieure en 1996 à ce qu'elle était en 1978. Cette hausse, attribuable principalement à une augmentation du tonnage des navires, s'est faite de façon concomitante à la hausse du tonnage des navires de la flotte mondiale observée par Couper (1983) au cours des années 1970. En 1997, les statistiques de la Lloyd's indiquent que les navires nouvellement sortis des chantiers ont plus du double du tonnage moyen des navires de la flotte mondiale et la tendance se maintiendrait, exigeant des capacités particulières en terme d'entreposage, de logistique, de structures intermodales et de quais (J. Paquin, Centre de formation et de recherches en transport maritime et intermodal, institut maritime, communication personnelle). Dans le SF, la capacité de transport de lest, malgré une hausse importante et constante au cours des années 1980, reste à un niveau inférieur à ce qui est observé en aval, ce malgré des entrées de navires de près du double. La profondeur des chenaux de la Voie maritime en amont de Québec restreint la taille des navires à plus ou moins 70 000 t et limite par conséquent la capacité totale de transport de lest. En 1993, la capacité maximale de transport de charge pour un porte-conteneurs à destination de Montréal était évaluée à 3000 équivalents vingt pieds (ÉVP). En 1994, les plus gros navires atteignaient 1800 ÉVP alors qu'entre 1998 et 2000, de nouveaux porte-conteneurs transportent 2800 ÉVP, approchant la charge maximum possible estimée pour l'estuaire fluvial (J. Paquin, Centre de formation et de recherches en transport maritime et intermodal, institut maritime, communication personnelle). En ce qui concerne les fréquences d'arrivées annuelles, elles sont demeurées globalement stables depuis 1978. Dans toutes les régions du Saint-Laurent, le trafic maritime est largement dominé par les navires en provenance du nord de l'Europe. De façon générale, ce trafic ainsi que celui qui provient des autres principales régions du monde n'évolue pas depuis 1978. Ce sont les arrivées en provenance de routes maritimes marginales qui ont augmenté entre 1978 et 1996 (voir section 4.3). Bien que les arrivées en provenance de routes maritimes marginales ne représentent aujourd'hui qu'un peu plus de deux cent navires répartis dans l'ensemble du système Saint-Laurent/Grands Lacs, l'augmentation est significative et continue pour toute la période étudiée. De plus, les routes maritimes se sont diversifiées alors qu'environ trente pays se sont ajoutés à liste des 137 pays de provenance depuis 1978.

Les conditions hivernales restreignent le transport maritime sur le Saint-Laurent, lui occasionnant une réduction d'environ 50% pour cette saison. Cependant, l'ouverture de la Voie maritime, entre Montréal et le lac Ontario, a gagné près de deux mois depuis 1960 permettant un trafic entre la fin de mars et la fin de décembre (Administration de la Voie maritime du Saint-Laurent 1990). De même, selon des prévisions à long terme, le couvert de glace hivernal devrait se réduire dans le Saint-Laurent marin sous l'influence du réchauffement climatique (Bertrand et Doré 1994, Slivitzky 1997). Bergeron *et al.* (1997) proposent que la réduction du couvert de glaces pourrait se traduire par une augmentation de la circulation maritime hivernale. Il semble que l'amélioration de la navigabilité hivernale n'aurait pas d'incidence sur la fréquentation des ports du Saint-Laurent, mais plutôt sur la répartition des arrivées selon les saisons. Par ailleurs, il est difficile de déterminer les impacts des changements dans les services gouvernementaux offerts à la navigation tels le déglaçage et le remorquage. Ce dernier aspect qui pourrait impliquer des coût supplémentaires pour les utilisateurs pourrait avoir une incidence négative non négligeable sur le transport maritime hivernal.

4.3 Les routes maritimes empruntées par les navires en provenance de l'étranger

Considérant les risques associées aux différentes routes maritimes, ils varieraient selon les temps de transit et la coïncidence des climats (Williams *et al.* 1988, Hallegraeff 1998). La longueur du temps de transit limite probablement le nombre des espèces et des taxons présents dans les ballasts. En plus des longs temps de transits impliqués, la plupart des routes maritimes marginales impliquent des écosystèmes situés à des moindres latitudes, où les espèces, incluant les algues toxiques, sont probablement moins adaptées aux conditions plus froides et hivernales du Saint-Laurent. Les conditions plus chaudes d'été, particulièrement dans le sud du golfe, pourraient toutefois être favorables à certaines espèces de moindres latitudes.

L'usage des routes maritimes à destination du système Saint-Laurent/Grands Lacs s'est sensiblement modifié et diversifié depuis 1978. Des routes maritimes marginales (en moyenne 7 % du trafic depuis 1978) sont empruntées par des navires en provenance de ports situés dans des régions éloignées, particulièrement au Brésil, en Afrique du Sud et en Australie. Ce trafic reste marginal pour la période étudiée, mais sa proportion augmente de façon soutenue, particulièrement depuis 1990 passant de 6 à 12 % entre 1978 et 1996. Cette tendance touche particulièrement le Saguenay, l'estuaire fluvial, le nord-ouest du golfe (région I) de même que la région Gaspé–baie des Chaleurs (région II). Considérant l'ouverture actuelle des marchés mondiaux, cette tendance ne devrait pas se démentir dans les années à venir.

Les routes maritimes conventionnelles et les plus fréquentées (autour de 90 % du trafic) impliquent des ports situés dans le nord-est de l'Europe de même qu'à l'est des États-Unis, à partir desquels les arrivées sont relativement stables. Bien que les températures de surface soient généralement plus chaudes dans ces régions comparativement aux eaux du Saint-Laurent marin et fluvial, l'importance du trafic de même que la nature des écosystèmes d'origine qui sont impliqués sont préoccupants quant aux risques d'introduction d'espèces non indigènes. En Europe, la région ponto-caspienne de même que la mer Baltique ont vu leur conditions environnementales varier fortement en terme de salinité depuis 10 000 ans. Leur peuplement en espèces indigènes et non indigènes, au fort potentiel d'adaptation et de colonisation, est préoccupant (Olenin et Leppäkoski 1999, MacIsaac *et al.* 1999). Alors que la région ponto-caspienne est la source de plusieurs introductions récentes telles les moules zébrée et quagga dans les Grands Lacs (Mills *et al.* 1993), la mer Baltique était décrite récemment par Olenin et Leppäkoski (1999) comme une « mer d'envahisseurs ». La majorité des navires, soit plus de 60 %, parviennent dans le Saint-Laurent marin et fluvial en provenance de l'Europe incluant la région ponto-caspienne (mers Noire et d'Azov et lac Caspien) et la mer Baltique. Toutefois, les ports de provenance n'apparaissant pas dans la banque de données du STM, le nombre exact d'arrivées de navires en provenance de ces régions ne peut être déterminé. Des transferts directs ou secondaires (transfert d'espèces introduites), à partir de la région ponto-caspienne, particulièrement vers le Saint-Laurent fluvial, sont concevables. Il en est de même pour la mer Baltique dont les conditions environnementales se rapprochent aussi de celles du Saint-Laurent marin, incluant la présence d'un couvert de glace hivernal et des conditions estuariennes. Sur la côte est américaine le point chaud que représente la baie de Chesapeake en terme de trafic maritime et de xénodiversité pourrait aussi être à risque particulièrement pour le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent.

Le nord-ouest de l'Europe de même que la côte est américaine sont affligés en de nombreux endroits par la récurrence des efflorescences toxiques (Hallegraeff 1993). Des pays comme l'Australie, qui compte des ports parmi les plus fréquentés au monde, et l'Afrique du Sud font

aussi face à ce problème majeur. Les courts temps de génération et la possibilité de dormance des algues toxiques leur confèrent un pouvoir d'adaptation environnementale et génétique qui peut permettre leur survie autant dans les ballasts que dans le milieu hôte. Par exemple, les redoutables dinobiontes du genre *Pfiesteria*, découverts à l'origine en Caroline du Nord et maintenant établis jusque dans la baie de Chesapeake, peuvent adopter au moins quinze formes différentes dans leur cycle vital (Poitras 1997, Burkholder *et al.* 1995). Pérez (1997) qualifie d'explosion, l'évolution actuelle de ce groupe des dinobiontes. Notons également l'usage d'un conditionneur de boues permettant de suspendre celles-ci dans les eaux de lest pour nettoyer les ballasts, ou le simple rejet des boues à quai, alors que les LDFCDL en prescrivent le déchargement dans des dépotoirs terrestres. Le MPO mène présentement des études pour vérifier l'occurrence, la survie et la viabilité du phytoplancton, en particulier des algues toxiques, en provenance des ballasts de navires étrangers à destination du Saint-Laurent de même que des kystes de dinoflagellés présents dans les sédiments du Saint-Laurent marin.

4.4 Les navires à destination du Saint-Laurent marin et du Saint-Laurent fluvial

Pour le nord-ouest du golfe, et plus particulièrement pour les principaux ports de la Côte-Nord (Baie-Comeau, Sept-Îles et Port-Cartier), les données analysées ne montrent aucune tendance récente, outre l'augmentation restreinte mais soutenue des navires en provenance de routes maritimes marginales depuis 1978. Toutefois, l'augmentation de la fréquence d'entrées et de la capacité de transport des eaux de lest, au tournant des années 1980, est remarquable. L'augmentation de la fréquence d'entrées est particulièrement attribuable aux navires provenant du nord-est de l'Atlantique incluant la mer Baltique. De plus, le trafic vers les trois principaux ports de la Côte-Nord a une ampleur inégalée dans le Saint-Laurent marin. Près des 2/3 des navires s'y dirigent (414 annuellement), chargés d'une quantité de lest transportée dépassant par trois fois tout le lest transporté vers les autres régions du système Saint-Laurent/Grands Lacs. Cette situation s'explique par le fait que les ports fréquentés se démarquent non seulement par leur grande affluence mais aussi par le type de navires qui les fréquentent. Une majorité de vraquiers de fort tonnage voués à l'exportation du grain, du minerais et du papier journal y arrivent totalement lestés. À Sept-Îles, la compagnie minière IOC demande un changement de lest en haute mer. Selon l'étude menée par Harvey *et al.* (1999) en 1995, malgré les recommandations des LDFCDL, les capitaines rapportent que 14 % du lest déchargé au port proviendrait du dernier port d'origine, le reste ayant été échangé en route.

En 1999, la capacité du quai de Wabush (Port de Sept-Îles) a été augmentée par un important dragage (profondeur de 16,5 m) réalisé en 1998 et 1999. Dès lors, l'accueil de navires de fort tonnage, soit jusqu'à 125 000 t est permis (Le Soleil, 13 octobre 1999). Toujours au quai de Wabush, un projet de construction d'un terminal de vrac devrait permettre d'augmenter le transbordement de 6 Mt annuellement dans les prochaines années (Port de Sept-Îles 1999) laissant présager une croissance des activités portuaires dans cette région. L'augmentation du trafic maritime dans le nord-ouest du golfe depuis 1978 peut impliquer des risques accrus d'introduction d'espèces non indigènes et cette tendance devrait se maintenir dans les prochaines années. Ce risque est d'autant plus préoccupant que la région est connue comme une aire propice aux efflorescences toxiques (Blasco *et al.* 1998).

Les quelques 200 navires étrangers qui se dirigent vers les ports du nord-est et du sud-ouest du golfe (régions II, III et IV) transportent une très faible quantité de lest comparativement aux navires à destination de la Côte-Nord, soit 1,2Mt pour le total des trois régions. Toutefois, non

soumis aux LDFCDL, 50% du lest à décharger proviendrait du port d'origine selon les rapports des capitaines (Harvey *et al.* 1999). Par ailleurs, les résultats de la présente étude montrent une augmentation importante de la fréquence d'entrées et une hausse particulièrement marquée et soutenue de la capacité de transport de lest depuis 1978 pour les ports de la baie des Chaleurs jusqu'à Gaspé (région II), tendance confirmée pour les navires en provenance du nord de l'Europe et des routes maritimes marginales. Une augmentation éventuelle du trafic maritime et du tonnage des navires à destination du sud-ouest du golfe avait été suggérée par Subba Rao *et al.* (1994) à cause de l'augmentation des exportations de matières premières et des activités économiques entre autres au port de Belledune (région II). Par ailleurs, Anonyme (1999) indique une augmentation de la manutention de 1,4 Mt en 1996 à 2,2 Mt , principalement de charbon et de minerai, en 1998, ce qui pourrait indiquer que la tendance se maintient.

Montréal est la seule région où, en fonction des données analysées, on peut penser que le niveau de risque d'introduction d'espèces non indigènes n'augmentera pas dans un proche avenir. Toutefois, la capacité de transport des eaux de lest vers cette région a augmenté considérablement de 1978 à 1986, ce qui laisse penser que les quantités de lest transporté pourraient constituer un risque accru par rapport à 1978, même à l'heure actuelle, si l'on tient compte du délai d'introduction. Par ailleurs, depuis 1978, la région de Montréal maintient de loin la plus importante position du système Saint-Laurent/Grands Lacs pour ce qui est des fréquences d'entrées de navires étrangers (735 annuellement). Des risques importants sont probablement associés au transport de lest vers Montréal, d'autant plus que la fréquence des arrivées de navires serait une meilleure indication d'un risque d'introduction que la quantité de lest transporté (Kerr 1994). En outre, les bas niveaux d'eau actuels permettant l'émergence d'habitats particulièrement vulnérables (Hudon 1997) pourraient s'avérer favorable à une colonisation par des espèces non indigènes.

Le transport de conteneurs est en hausse constante de 1993 à 1999 au port de Montréal (Lemay et Taddeo 2000) et le port est fréquenté depuis 1998 par de nouveaux porte-conteneurs qui effectuent la liaison Anvers-Montréal en deux jours de moins que leurs plus rapides concurrents (Duhamel, 1998). Par contre, le total des marchandises manutentionnées affichait une baisse en 1999 à cause de la diminution du transport du vrac et des autres marchandises non conteneurisées. Les prochaines années devraient être décisives pour l'industrie maritime de cette région. Actuellement, l'Autorité de la Voie Maritime du Saint-Laurent cherche à augmenter la compétitivité du Saint-Laurent par la mise en place de mesures comme l'augmentation des dimensions permises pour l'usage des écluses et l'emploi de nouvelles technologies visant la diminution des temps de transit et des coûts liés à la main d'œuvre. Par ailleurs, le secteur public se départit de certaines responsabilités comme la gestion des écluses, les péages, l'entretien et le dragage des chenaux de navigation et la réalisation d'études environnementales, ce qui résulte en des coûts supplémentaires pour les administrations portuaires (Lemay et Taddeo 2000). Ce tournant appert alors que la flotte de navires qui fréquente le Saint-Laurent est à renouveler avec trois quarts des navires qui ont déjà dépassé la moitié de leur vie utile (Duhamel 1998). D'autre part, le scénario d'augmentation du CO_2 atmosphérique dans l'étude sur le réchauffement global de Mortsch et Quinn (1996) prévoit une baisse des niveaux d'eaux de 1,3 mètres à Montréal d'ici une centaine d'années (IPCC 1996). Selon une étude menée sur 80 ans (Hudon 1997), et en dépit des cycles connus, il existe effectivement une augmentation de la hauteur des bas niveaux d'eau dans le SF (Sorel). Des bas niveaux d'eau extrêmes sont aussi enregistrés à Montréal, de 1998 à 2000, pour des périodes anormalement longues. Bien qu'on ne puisse lier ces évènements à un réchauffement global, ils laissent présager de conséquences à venir pour le transport maritime. Pour 1998,

l'administration du port de Montréal a rapporté que deux navires étrangers ont préféré prendre leur charge sur la Côte-Nord plutôt qu'à Montréal même s'ils pouvaient compter sur un niveau d'eau suffisant. Certains armateurs ont aussi dû retrancher une partie de leur charge à Québec et à Trois-Rivières avant de s'avancer vers Montréal, les niveaux d'eaux ayant été plus bas que prévu. Pour un armateur, 30 centimètres de niveau d'eau équivaut à 150 conteneurs, soit 300 000 dollars de revenus (S.Routhier, MPO, Institut Maurice-Lamontagne, Mont-Joli, communication-personnelle). La perspective de bas niveaux d'eau pourrait donc avoir des implications négatives à long terme pour le trafic maritime étranger et le transport d'eau de lest qui y est associé, dans la région de Montréal et dans l'ensemble des Grands Lacs.

Globalement, le trafic à destination de l'EF a aussi augmenté. La hausse des entrées de navires est largement attribuable à la région portuaire de Bécancour/Trois-Rivières et est associée à des arrivées en provenance du nord de l'Europe, du nord-est des États-Unis et de routes maritimes marginales, principalement de l'océan Indien et du sud-est de l'Atlantique. La région de Bécancour/Trois-Rivières ne s'est développée qu'à partir de 1986 avec des arrivées de navires qui sont alors passées d'une dizaine à près d'une centaine par année. La capacité de transport de lest augmente aussi pour la région, ce qui s'explique par une augmentation du tonnage des navires à destination de la région de Québec et par l'expansion des activités à Bécancour/Trois-Rivières. Le trafic vers l'EF n'a toutefois pas l'ampleur de celui à destination de Montréal.

5.0 CONCLUSION

Considérant la part des Grands Lacs dans le trafic maritime relativement à son peuplement en espèces exotiques, l'étude met en évidence que le nombre et la gravité des introductions d'espèces non indigènes n'est pas une fonction exclusive de la quantité de lest transportée, de la fréquence des arrivées de navires ou de la rigueur des mesures de protection et de contrôle. Même si le nombre des espèces non indigènes présentes dans le Saint-Laurent marin et dulcicole est probablement sous-estimé, le faible nombre d'introductions rapportées est d'autant plus étonnant que le port de Montréal reste de loin le port le plus fréquenté de tout le système Saint-Laurent/Grands Lac et que le Saint-Laurent fluvial et marin reçoit une imposante quantité de lest, soit 98 % de tout le lest transporté vers le système Saint-Laurent/Grands Lacs dont près des trois quarts dans les trois seuls ports principaux de la Côte-Nord. De surcroît, le trafic vers les ports du Saint-Laurent n'est soumis qu'à un contrôle verbal de sa conformité aux LDFCDL, et ce, uniquement pour les navires se dirigeant dans la voie navigable à l'ouest du 63^{e} méridien de longitude ouest. En l'occurrence, plusieurs navires à destination du système Saint-Laurent/Grands Lacs transportent et déchargent dans le Saint-Laurent, du lest non conforme aux exigences des LDFCDL (Harvey *et al.* 1999, Locke *et al.* 1993).

Globalement, la modification la plus importante dans le trafic maritime a trait à la capacité de transport de lest. Celle-ci augmente, entre 1978 et 1996, particulièrement sous l'influence de la hausse du tonnage des navires. La tendance devrait se maintenir dans les prochaines années avec sur les planches à dessins, des navires de plus du double de la capacité des navires actuels. Sauf dans le cas minoritaire des navires qui voyagent avec une quantité résiduelle de lest, la quantité de lest transportée croît en fonction de l'augmentation du tonnage des navires. Si ce constat évoque une augmentation possible des risques d'introduction d'espèces non indigènes pour toutes les régions du Saint-Laurent, une partie de ce risque a pu être atténué depuis l'application des LDFCDL, en 1986. De plus, la rationalisation des activités implique probablement moins de

transport exclusif de lest, particulièrement dans les grands centres où l'économie est plus diversifiée. Par ailleurs, la coïncidence des climats et la fréquence des arrivées de navires seraient une meilleure indication de risque que la quantité de lest transportée (Kerr 1994, Hallegraeff 1998). À ce titre et en regard des données analysées ici, les régions de Montréal, le nord-ouest du golfe (région I) et la région de Gaspé–baie des Chaleurs (région II) seraient les plus exposés aux risques d'introduction d'espèces non indigènes par le déversement d'eau de lest dans le Saint-Laurent.

Par ailleurs, l'origine du lest ne peut être déterminée à partir de la seule connaissance du port ou du pays d'origine. Depuis 1978, le trafic maritime étranger provient principalement du Nord de l'Europe. Or, plusieurs ports majeurs de cette région sont situés en eau douce, notamment ceux de Rotterdam et Amsterdam (Pays-Bas), Hambourg et Brake (Allemagne), et Antwerp (Belgique). Même si les navires proviennent de ports en eaux douces, l'eau de lest peut provenir d'eaux salées puisque les navires peuvent ballaster en route, évitant des délais à quai. De plus, il est impossible à l'heure actuelle de vérifier, pour la période de l'étude, dans quelle mesure les eaux de lest ont été échangées selon les recommandations. Bien que trop restreintes pour être traitées statistiquement, des données suggèrent que les navires pourraient être plus conformes, par ordre d'importance dans les Grands Lacs et le Saint-Laurent fluvial que dans le Saint-Laurent marin. De la même façon, Harvey *et al.* (1999) attribuent à la mise en place de la directive, une plus grande proportion de lest échangé en haute mer, pour les navires à destination de l'estuaire et du nord-ouest du golfe (région I) qu'ailleurs dans le golfe où la directive n'est pas en vigueur. Cet aspect devrait être examiné en priorité et un suivi *in situ* de la directive devrait être mis en place, à tout le moins pour connaître le degré de conformité des navires. De plus, les risques encourus dans le Saint-Laurent marin, particulièrement dans le sud du golfe (incluant la région II), justifieraient une extension de la protection des lignes directrices à tout le Saint-Laurent.

6.0 REMERCIEMENTS

Les auteurs voudraient exprimer leur gratitude envers les différentes personnes qui ont fourni de l'information concernant le trafic maritime dans le Saint-Laurent pour les besoins de la présente étude. Celles-ci incluent M. Michel Dufour (Port de Montréal), M. Raynald La Malice (centre de trafic maritime de Québec), M. A. Bouchard (Ports Saguenay, ville de La Baie), M. Gordon May (MCTS Ottawa) et M. Gérald Laprise (Transports Canada, Les Escoumins). Mme Vi Brunke et M. Paul Brisson (Tranports Canada, Ottawa) ont respectivement fourni un accès et un support informatique à la base de données ECAREG – VTS. Des remerciements s'adressent également à M. François Boudreault (Centre Saint-Laurent, Montréal) qui a aimablement fourni les fonds de cartes utilisés dans le présent rapport, au Dr. François J. Saucier et à Mr. J. Paquin (Centre de formation et de recherches en transport maritime et intermodal, Rimouski) qui ont fourni des renseignements utiles sur les changements climatiques et sur le trafic maritime dans le Saint-Laurent. Nous adressons des remerciements particuliers aux docteurs Yves de la Fontaine et Michel Harvey pour la pertinence et la rigueur des commantaires émis lors de la révision du manuscrit.

7.0 RÉFÉRENCES

Administration de la voie maritime du Saint-Laurent et St.Lawrence Seaway Development Corporation. 1990. La voie maritime du Saint-Laurent, rapport sur le trafic, saison de navigation 1990. Ottawa. 87pp.

Anonyme. 1999. Administration du port de Belledune, information électronique.

Aquasense. 1998. Ballast water: Overview of available data and estimation of possible risks – Ordered by the Ministry of Transport, Public works and Water Management, North Sea Directorate. Report Number: 98.1162. 63pp.

Bergeron L., G. Vigeant et J. Lacroix. 1997. Chapitre Québécois de l'étude pan-canadienne sur les impacts et l'adaptation à la variabilité et au changement du climat. Tome V. 270pp.

Bertrand, P., et C. Doré. 1994. Les conséquences potentielles du changement climatique global sur le Saint-Laurent. Rapport présenté à Environnement Canada. Service de l'environnement atmosphérique, 44 p.

Blasco, D., M. Levasseur, R. Gélinas, R. Larocque, A.D. Cembella, B. Huppertz, et E. Bonneau. 1998. Monitorage du phytoplancton toxique et des toxines de type IPM dans les mollusques du Saint-Laurent : 1989-1994. Rapp. Stat. Can. Sci. Halieut. Aquat. 151 : x + 117 p.

Bolch, C.J. et G.M. Hallegraeff. 1991. Dinoflagellate cysts in recent marine sediments from Tasmania, Australia. Bot. Mar. 33: 173-192.

Burkholder, J.M., H.B. Glasgow, K.A. Steidinger, P. Lassus, G. Arzul, E. Erard-Le Denn, P. Gentien, C. Marcaillou-Le Baut (éds.). 1995. Stage transformations in the complex life cycle of an ichthyotoxic 'ambush-predator' dinoflagellate. Dans: Harmful marine algal blooms. Prolifération d'algues marines nuisibles. Lavoisier. Paris.

Carlton, J.T., 1996a. Pattern, Process, and Prediction in Marine Invasion Ecology. Dans: Biological Conservation, Special Issue. Connecticut. 15pp.

Carlton, J.T., 1996b. Marine bioinvasions: The alteration of marine ecosystems by nonindigenous species. Oceanography. 9: 1-8.

Carlton, J.T., et J.B. Geller. 1993. Ecological roulette: biological invasions and the global transport of nonindigenous marine organisms. Science. 261: 78-82.

Carlton, J.T. , D.M. Reid, H. Van Leeuwen. 1995. The role of shipping in the introduction of nonindigenous aquatic organisms to the coastal waters of the United States (other than the Great Lakes) and the analysis of control options. U.S. Coast Guard Research and Development Center. Report no. CD-D-11-95. Connecticut. 213pp.

Chesapeake Bay Commission. 1995. The introduction of nonindigenous species to the Chesepeake Bay via ballast water. Virginia, Maryland and Pensylvania. 28pp.

Couper, A. (éd.). 1983. The Times Atlas of the Oceans. Van Nostrand Reinhold Co., New-York. 272pp.

Cusson, B. 1992. Distribution et abondance des populations de Moules zébrées (*Dreissena polymorpha*) fixées à des substrats solides du fleuve Saint-Laurent à l'été 1991. Faculté des Sciences, Université de Sherbrooke, 128 p.

Cusson, B. et Y. de Lafontaine. 1997. Présence et abondance des larves de Moules zébrées dans la rivière Richelieu et le Saint-Laurent en 1996. Environnement Canada – Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. Rapport scientifique et technique ST-143, 58 p.

Demelo, R. et P.D.N. Hebert. 1994. Founder effects and geographical variation in the invading cladoceran *Bosmina (Eubosmina) coregoni* Baird 1857 in North America. Heredity 73(5): 490-499.

Duhamel, A. 1998. Dossier spécial: Le Saint-Laurent. Les affaires, 20 juin 1998: 33-39.

Garbary, D.J., H. Vandermeulen, K.Y. Kim. 1997. *Codium Fragile ssp. tomentosoides* (Chlorophyta) invades the Gulf of St.Lawrence, Atlantic Canada. Bot. Mar. 40: 537-540.

Gauthier, D. et D.A. Steel. 1996. A synopsis of the situation regarding the introduction of nonindigenous species by ship-transported ballast water in Canada and selected countries. Can. Tech. Report of Fish. and Aquat. Sci. 2380: 1-57.

Hallegraeff, G.M. 1998. Transport of toxic dinoflagellates via ships' ballast water: Bioeconomic risk assessment and efficacy of possible ballast water management strategies. Mar. Ecol. Prog. Ser. 168: 297-309.

Harvey, M., M. Gilbert, D. Gauthier et D.M. Reid. 1999. A preliminary assessment of risks for the ballast water-mediated introduction of nonindigenous marine organisms in the Estuary and Gulf of St. Lawrence. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.. 2268: x + 56 p.

Hudon, C. 1997. Impact of water level fluctuations on St.Lawrence River aquatic vegetation. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54: 2853-2865.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 1996. Climate change 1995 – The science of climate change. Houghton, J.T., L.G. Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg et K.Maskell (éds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK. 572pp.

Kerr, S.B. 1994. Ballast water - Ports and shipping study, final report to the scientific working group on introduction of exotic organisms throught ships' ballast water. Ballast Water Research Series, report no.5. February 1994. AQIS, AGPS, Canberra. 123 pp.

Lagacé, M., et L. Lapierre. 1998. A new fish species in SLR and proposal for an action plan. 24e congrès annuel, Cahpitre international de l'Atlantique de l'American Fisheries Society, "Gestion des espèces introduites", Lac Beauport, Québec, 20-22 septembre 1998.

Lapierre, L. 1998. Espèces introduites – une mise à jour. 24eme congrès annuel, Chapitre international de l'Atlantique de l'American Fisheries Society, "Gestion des espèces introduites", Lac Beauport, Québec, 20-22 septembre 1998.

Lapierre, L., J. Fontaine, B. Cusson, et C. Ménard. 1994. Distribution spatiale des larves et stades fixés de la Moule zébrée, *Dreissena polymorpha*, dans le Saint-Laurent au cours de 1991. Environnement Canada – Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent, 66 p.

Lemay, R. et Taddeo D.J. 2000. Bilan 1999. Administration portuaire de Montréal. 6pp.

Locke, A., D.M. Reid, H.C. Van Leeuwen, W.C. Sprules et J.T. Carlton. 1993. Ballast water exchange as a means of controlling dispersal of freshwater organisms by ships. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50: 2086-2093.

McCarthy, S.A. et F.M. Khambaty. 1994. International dissemination of epidemic Vibrio cholerea by cargo ship ballast and other nonpotable waters. Appl. Environ. Microbiol. 60(7): 2597-2601.

MacIsaac, J.H., I.A. Grigorovich, J.A. Hoyle, N.D. Yan et V.E. Panov. 1999. Invasion of Lake Ontario by the Ponto-Caspian predatory cladocean *Cercopagis pengoi*.

Mills, E.L., J.H. Leach, C.L. Secor et J.T. Carlton. 1993. Exotic species in the Great Lakes: A history of biotic crisis and anthropogenic introductions. J. Great Lakes Res. 19: 1-54.

Mortsch, L.D., F.H. Quinn. 1996. Climate change scenarios for Great Lakes Basin ecosystem studies. Limnol. Oceanogr. 41(5): 903-911.

Olenin, S. et E. Leppäkoski. 1999. Non-native animals in the Baltic Sea: alteration of benthic habitats in coastal inlets and lagoons. Hydrobiol. 393 (1-3): 233-243.

Pérez, René. 1997. Ces algues qui nous entourent. Ifremer. France. 272 pp.

Poitras, J. 1997. Keeping deadly algae at bay. The Ottawa Citizen, 28 Décembre 1997: A4.

Port de Sept-Îles. 1999. Projet de développement du Terminal de vrac de Pointe-Noire, étude environnementale. Préparé par Procéan inc. Pour le Port de Sept-Îles (PSI). 220 p. +annexes.

Reid, D.M. 1994. Potential ballast water mediated invaders of the gulf of St-Lawrence and estuary. Final report, june 1994. 51pp.

Slivitzky, M. 1997. Les ressources, leurs usages et disponibilités et les variations climatiques. Les défis des changements environnementaux à l'échelle planétaire, Colloque présenté dans le cadre du 63^{ième} congrès de l'ACFAS. Le Climat 14(2) : 103-109.

Smith T.E., et S.R. Kerr. 1992. Introductions of species transported in ships' ballast waters: the risk to Canada's marine resources. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1867: 1-16.

Squires, H.J. 1990. Decapod Crustacea of the Atlantic coast of Canada. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 221: 540 p.

Subba Rao, D.V., W.G. Sprules, A.Locke et J.T. Carlton. 1994. Exotic phytoplankton from ships' ballast waters: risk of potential spread to mariculture on Canada's east coast. Can. Data Rep. Fish. Aquat. Sci. 937: iv + 51 p.

Anonyme. 1995. Atlas environnemental du Saint-Laurent: îles et paysages riverains: les milles reflets du Saint-Laurent. Université Laval, Centre Saint-Laurent, Laboratoires SAB-Communications Sciences-Impact, Montréal.

Williams, R.J., F.B. Griffiths, E.J. Van der Wal et J. Kelly. 1988. Cargo vessel ballast water as a vector for the transport of non-indigenous marine species. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 26: 409-420.

Zaranko, D.T., D.G. Farara et F.G. Thompson. 1997. Another exotic mollusc in the Laurentian Great Lakes: The New Zealand native *Potamopyrgus antipodarum* (Gray 1843) (*Gastropoda, Hydrobiidae*). Can. J. Sci. Halieut. Aquat. 54 (4): 809-814.